



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

O ENSINO DO DESENHO NA LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

SDI – Secção de Desenho Industrial

Março de 2003

1. INTRODUÇÃO

O **Desenho Técnico** é essencial para a concepção e a comunicação, em praticamente todos os sectores da actividade industrial. O **Desenho Industrial** (técnica gráfica cujo objecto é a descrição e a definição rigorosa dos elementos e conjuntos concebidos e fabricados pela indústria) tem um papel assinalável no desenvolvimento tecnológico, materializando-se em documentos fundamentais para o estabelecimento de contratos industriais, particularmente no foro internacional.

O engenheiro, qualquer que seja o seu campo de acção, deve possuir sólidos conhecimentos de **Desenho Industrial**, pois, se é certo que nem todas as especialidades da engenharia têm necessidade de lidar intensamente com o desenho, todas elas desenvolvem actividades, interligadas com campos de acção de outros ramos da engenharia, que exigem o recurso ao desenho como veículo de comunicação técnica.

O alargamento, a internacionalização e a liberalização dos mercados, onde o *out-sourcing* de tarefas de produção e a utilização de subcontratação são comuns e estão em crescimento, e a difusão cada vez mais ampla, no meio industrial, de **Sistemas de Concepção (Desenho) e Fabrico Assistidos por Computador (CAD/CAM)** contribuíram para reforçar a importância do Desenho Industrial. Só um bom conhecimento das técnicas de **Representação Gráfica e da Normalização** permite tirar partido das enormes potencialidades oferecidas pelos sistemas de CAD.

A **Secção de Desenho Industrial (SDI)** do DEMEGI é responsável pelo ensino de disciplinas de Desenho Industrial, nas licenciaturas em Engenharia Mecânica (LEM), em Gestão e Engenharia Industrial (LGEI), em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (LEMM), em Engenharia de Minas e Geoambiente (LEMG), em Engenharia Química (LEQ) (até 2002/03) e em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (LEEC) (até 1996/97); e das disciplinas de Concepção e Fabrico Assistidos por Computador, nas licenciaturas em Engenharia Mecânica e em Gestão e Engenharia Industrial.

Em contraste com o aumento da importância do papel assumido pelo Desenho Industrial na generalidade dos sectores industriais, nas reestruturações dos planos de estudos de algumas licenciaturas em Engenharia da FEUP, as disciplinas de Desenho foram retiradas (LEEC, em 1997/98 e LEQ, em 2003/04) ou o seu número foi reduzido (LEMM, em 1997/98). Os reflexos negativos destas decisões começam a fazer-se sentir, por exemplo, através de opiniões de antigos alunos, expressas nas Sessões de Avaliação da LEMM, sobre os insuficientes conhecimentos adquiridos em Desenho face às necessidades da Indústria, e de alguns docentes da LEEC que constataam que os seus alunos não têm uma

preparação em Desenho adequada para a realização de alguns projectos por si propostos ao nível da licenciatura.

2. A ESTRUTURAÇÃO DO ENSINO DO DESENHO NA LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

O **Desenho de Construção Mecânica** (*Mechanical Engineering Drawing*, em língua inglesa) é uma área básica de conhecimento, numa licenciatura de Engenharia Mecânica, sendo fundamental para todos os profissionais cuja actividade esteja ligada à concepção, à construção ou à reparação de peças ou de sistemas mecânicos. Os princípios de representação de peças constituem uma matriz mental de referência para os projectistas de máquinas, de ferramentas ou de peças técnicas.

Neste contexto, a actual estruturação do ensino do Desenho na LEM teve em conta dois aspectos de base:

- Os conhecimentos sobre “Representação gráfica” adquiridos pelos alunos da LEM, no Ensino Secundário;
- O perfil de competências requerido para um licenciado em Engenharia Mecânica pela FEUP.

Relativamente ao primeiro aspecto, constata-se que do Regime de Acesso à LEM não consta qualquer disciplina específica de “Representação gráfica”. Alguns inquéritos informais realizados todos os anos, nas aulas, permitem constatar que 30 a 40% dos alunos admitidos no 1º ano nunca tiveram uma disciplina de Geometria Descritiva e 70 a 80% dos alunos nunca frequentaram qualquer disciplina de Desenho Técnico, no Ensino Secundário. Deve registar-se que, apesar da situação descrita, a disciplina de **Geometria Descritiva** foi retirada do plano de estudos da LEM, em 1997/98, aquando da sua última revisão.

Por outro lado, assume-se que uma das competências fundamentais a adquirir por um engenheiro mecânico licenciado pela FEUP, distinta das obtidas por um engenheiro-técnico mecânico formado pelos Institutos Politécnicos, é a maior e melhor formação ao nível da **engenharia de concepção**, que lhe é ministrada na FEUP.

Assim, no ensino do Desenho Técnico e do Desenho de Construção Mecânica deve procurar-se conciliar o desenvolvimento das capacidades de expressão e de representação gráfica e a sua utilização em actividades de concepção com a aquisição de conhecimentos de natureza tecnológica neste domínio, nomeadamente, sobre normalização de sistemas e

componentes mecânicos, especificações geométricas de produtos, princípios e métodos de verificação, processos gerais de fabricação, etc.

No ensino do **Desenho Técnico**, os princípios gerais de representação são abordados no âmbito da documentação técnica de produtos (TPD – *technical product documentation*), procurando-se, em simultâneo, promover o desenvolvimento das capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica, através da elaboração de desenhos em traçado manual, muitas das vezes executados mesmo à mão livre, tendo em conta que estas competências são muito importantes na formação de um engenheiro com uma forte componente de concepção.

No ensino do **Desenho de Construção Mecânica**, associam-se as técnicas de representação gráfica com conceitos relativos à normalização de sistemas e componentes mecânicos de utilização geral e às especificações geométricas de produtos (GPS - *Geometrical Product Specifications*), para a elaboração de desenhos de conjunto e de detalhe (ou definição), em traçado manual. Estes desenhos são peças fundamentais da documentação técnica que acompanha as diferentes fases do ciclo de vida dos produtos.

No ensino do **Desenho e Fabrico Assistidos por Computador**, promove-se uma aprendizagem da utilização consistente de sistemas CAD 2D e 3D, resultante da incorporação dos conceitos da TPD, da normalização de sistemas e componentes mecânicos e da linguagem GPS, anteriormente adquiridos.

Os **sistemas CAD** avançados baseiam-se numa filosofia de **representação paramétrica** (com a introdução de relações entre entidades geométricas) de modelos tridimensionais (3D). Toda a informação das peças individuais e da montagem do conjunto fica guardada, sendo estabelecida uma relação biunívoca entre o modelo 3D (concepção) e a sua representação 2D (definição, fabricação e verificação), permitindo que qualquer alteração realizada posteriormente seja actualizada em todas as partes do sistema. Estes sistemas são ferramentas poderosas na estruturação e na comunicação de informação entre as fases de concepção, de produção e do controlo de qualidade dos produtos.

No entanto, para se conseguir uma utilização profícua e eficaz deste tipo de aplicações, o utilizador deve possuir bons conhecimentos de construções geométricas no espaço 2D e de cotação nominal, e ter adquirido a capacidade para estruturar toda a modelação e, dentro do possível, para relacionar as sucessivas operações a executar com as anteriormente realizadas, de modo a permitir que uma qualquer alteração possa ter o efeito pretendido sobre a totalidade do objecto e/ou sistema em causa.

Neste contexto, o eventual ensino da utilização de sistemas CAD em disciplinas de Computação, tal como foi agora adoptado no novo plano de estudos de Engenharia Civil, fora de um enquadramento como o atrás descrito, representaria um empobrecimento da formação dos alunos da LEM, uma vez que, na Engenharia Mecânica, a linguagem de representação gráfica tem uma importância, um alcance e uma exigência muito maiores do que em Engenharia Civil.

Em síntese, pode afirmar-se que a estratégia de ensino do Desenho adoptada na LEM tem em conta que, com o incremento do *out-sourcing* de tarefas de produção registado a nível mundial, a indústria nacional tem uma necessidade, cada vez maior, de dispor de competências próprias no domínio do desenvolvimento de produtos, só possíveis com a existência de profissionais de engenharia com uma boa formação nas diversas vertentes atrás descritas.

3. AS DISCIPLINAS DE DESENHO E DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA NA LEM

Na licenciatura de Engenharia Mecânica (LEM) o ensino do Desenho é distribuído pelas seguintes três disciplinas:

Desenho Técnico (1º semestre), cujos principais objectivos são: a introdução do conceito de normalização em geral e da sua importância na Engenharia; a aquisição de sólidos conhecimentos sobre a representação de objectos, em termos da sua geometria e dimensões nominais; a introdução dos conceitos de tolerância e de intermutabilidade; o desenvolvimento das capacidades de visualização espacial, através da leitura de desenhos em representação ortográfica, e das capacidades de comunicação técnica, através da execução de desenhos em representação isométrica.

Desenho de Construção Mecânica (4º semestre), cujos principais objectivos são: uma primeira abordagem ao desenho de concepção, com a execução de desenhos de conjunto em representação ortográfica e a selecção de elementos mecânicos normalizados; uma introdução à análise funcional de mecanismos, a partir da leitura de desenhos de conjunto em representação ortográfica, com a execução de desenhos de definição de produto acabado de alguns dos seus elementos componentes, aplicando os conceitos da linguagem GPS; e o desenvolvimento da capacidade para estabelecer relações entre as fases de concepção, de definição e de fabricação.

Concepção e Fabrico Assistidos por Computador (5º semestre), cujos principais objectivos são: o desenvolvimento das capacidades para manusear informação geométrica

e não geométrica, na área da produção, a promoção de uma correcta e eficaz utilização de programas comerciais CAD 2D e 3D (AutoCAD, SolidWorks, Mechanical Desktop e Inventor) com o desenvolvimento de programas computacionais que permitam tratar a informação obtida a partir daqueles utilitários; e uma iniciação à programação de máquinas CNC, com utilização de programas CAD/CAM.

Entre as disciplinas de Desenho Técnico e de Desenho de Construção Mecânica, os alunos têm três disciplinas de iniciação em algumas Tecnologias Mecânicas (Tecnologia da Conformação Plástica, Tecnologia da Fundição, Tecnologia da Maquinagem), onde são familiarizados com as relações entre as formas, os processos disponíveis para as executar, a importância das séries produtivas e os materiais.

Na disciplina de **Desenho Técnico**, desde o ano lectivo de 1997/98, são ministradas 12 aulas práticas laboratoriais de 2 horas, com o objectivo de promover o desenvolvimento da curiosidade e do espírito crítico dos alunos, sobre o modo de funcionamento e a constituição de alguns dos sistemas mecânicos de utilização mais corrente (reductores, máquinas hidrostáticas, cilindros pneumáticos, válvulas de instalações de tubagens, moldes para injeção, etc.), procedendo-se à sua desmontagem e montagem, o que permite aos discentes o contacto, pela primeira vez, com uma boa parte dos elementos e órgãos mecânicos mais correntes. Complementarmente, faz-se também uma introdução à metrologia dimensional com a realização de trabalhos práticos. **A introdução deste tipo de aulas foi muito bem recebida, com manifesto proveito pedagógico, pelos alunos, tendo merecido referências positivas dos avaliadores, quer da Fundação das Universidades Portuguesas (FUP), quer da Ordem dos Engenheiros.**

A disciplina de **Desenho de Construção Mecânica**, a partir do ano lectivo de 1998/99, passou a funcionar em regime de avaliação distribuída sem exame final, com aulas teórico-práticas, com vista a submeter os alunos a uma pedagogia mais activa que lhes permita desenvolver a capacidade para estabelecer relações entre as fases de concepção, definição e fabricação, fundamentais para uma profícua utilização de sistemas CAD/CAM e para o projecto mecânico em geral.

Complementarmente, para permitir uma melhor compreensão das noções relativas aos toleranciamentos dimensional, geométrico e de rugosidade abordados em Desenho Técnico e Desenho de Construção Mecânica, seria importante introduzir também, nesta última disciplina, algumas noções adicionais de metrologia dimensional, com a realização de sessões de demonstração com calibres diferenciais, calibres funcionais, máquina de medição por coordenadas (CMM - coordinate measuring machine), rugosímetro electrónico etc. Esta ligação mais efectiva da linguagem GPS com os princípios e métodos de

verificação contribuiria para **consolidar a relação entre as fases de concepção, fabricação e controlo de qualidade.**

A disciplina de **Concepção e Fabrico Assistidos por Computador**, a partir do ano lectivo de 1999/2000, passou também a funcionar em regime de avaliação distribuída sem exame final, com aulas teórico-práticas, para permitir aumentar a interacção entre os docentes e os discentes e entre a teoria e as aplicações.

Na linha mista de seis disciplinas, três de Desenho e três de Tecnologia Mecânica, atrás referida, onde foram introduzidas um conjunto de alterações metodológicas e de programas, de modo a formarem um bloco coerente, todas as disciplinas, salvo a de Desenho Técnico, funcionam em regime de avaliação distribuída sem exame final, o que acarreta um esforço muito significativo em termos de serviço docente, tendo em conta os números totais de alunos abrangidos e os objectivos que se pretende atingir.

Como nota final, deve registar-se que, em contactos institucionais de membros do DEMEGI com personalidades da indústria, **uma das competências dos licenciados em Engenharia Mecânica pela FEUP mais apreciadas pelas entidades empregadoras e que tem permitido distingui-los positivamente face aos colegas formados por outras Escolas é o seu bom desempenho na interpretação e execução de desenhos industriais**, mesmo em actividades de grande exigência neste domínio, como é o caso da indústria dos moldes.

O reconhecimento da importância da indústria dos moldes, no sector metalomecânico nacional, levou o DEMEGI a criar, em 2000, a opção de Tecnologia de Moldação por Injecção, onde alguns dos docentes da SDI leccionam as disciplinas de Fabricação de Moldes, Moldação por Injecção de Ligas Leves e Projecto de Fim de Curso, em que são abordados processos de fabricação específicos (electroerosão, prototipagem rápida, etc.), a concepção de moldes recorrendo a sistemas CAD 3D dedicados (Unigraphics e MoldWizard) e o CAD/CAM.

Em conclusão, a próxima revisão do plano de estudos da LEM deverá ser pensada de modo a acautelar a manutenção e a melhoria, na medida do possível, das vantagens competitivas que os licenciados em Engenharia Mecânica pela FEUP vêm demonstrando na sua integração na actividade industrial.

Porto, Março de 2003

A Secção de Desenho Industrial do DEMEGI

DESENHO TÉCNICO

- Programa detalhado da disciplina;
- Aulas práticas laboratoriais (objectivos e regras de funcionamento);
- Aulas práticas laboratoriais (plano de aulas previsto);
- Regras específicas da disciplina;
- Exemplos de exercícios propostos nas aulas e em exames.

NOTA: Os exercícios originais são propostos e realizados em folhas A4.

LIC. EM ENGENHARIA MECÂNICA -----LIC. EM GESTÃO E ENG. INDUSTRIAL

DESENHO TÉCNICO

DESENHO INDUSTRIAL I

Ano lectivo: 2002/2003 - 1º ano - 1º semestre.

Carga horária semanal: Teóricas - 2h; Práticas - 3h; Prát. Lab. - 2h;

Unidades de crédito (U.C.): 4,0;

Teóricas - 2h; Práticas - 3h.

Unidades de crédito (U.C.): 3,0.

OBJECTIVOS:

Introdução do conceito de normalização em geral e sua importância na Engenharia. Aquisição de bons conhecimentos sobre representação de objectos, em termos da sua geometria e dimensões nominais. Desenvolvimento das capacidades de visualização espacial, através da leitura de desenhos em representação ortográfica. Desenvolvimento das capacidades de comunicação técnica, através da execução de desenhos em representação isométrica. Introdução aos conceitos de tolerância e de intermutabilidade com um estudo desenvolvido do toleranciamento dimensional. Conhecimentos básicos sobre planificações de superfícies geométricas. Introdução ao desenho esquemático, com particular incidência no desenho de tubagens.

PROGRAMA DETALHADO:

1 - NORMALIZAÇÃO

- 1.1 - Normalização em geral.
- 1.2 - Normalização em Desenho técnico.
- 1.3 - Escalas recomendadas.
- 1.4 - Material de desenho: tipos e utilização.
- 1.4.1 - Papel de desenho: formatos do papel; elementos gráficos pré-impressos nas folhas de desenho técnico; legendas; lista de artigos (nomenclatura) e dobragem de cópias.
- 1.5 - Linhas: tipos e aplicações.
- 1.6 - Letras e algarismos: escrita ISO.

2 - REPRESENTAÇÃO ORTOGRÁFICA

- 2.1 - Definição de projecção. Tipos de sistemas de projecção.
- 2.2 - Método diédrico (breves referências).
- 2.3 - Princípios gerais de representação de vistas.
- 2.3.1 - Cubo de projecções: métodos do 1º e do 3º diedros; método das setas referenciadas.
- 2.3.2 - Selecção de vistas. A definição do objecto sem ambiguidade.
- 2.3.3 - Vistas parciais: meias vistas; locais (segundo os métodos do 1º ou 3º diedros) e interrompidas.
- 2.3.4 - Vistas auxiliares primárias e secundárias.
- 2.4 - Princípios gerais de representação de cortes e secções.
- 2.4.1 - Definição de corte e convenções de representação.
- 2.4.2 - Planos de corte: cortes totais e parciais; cortes por planos paralelos, por planos concorrentes e por planos sucessivos.
- 2.4.3 - Representação (de secções delgadas) de perfis.
- 2.4.4 - Elementos que não se cortam.
- 2.4.5 - Secções: local e deslocada.

3 - REPRESENTAÇÃO AXONOMÉTRICA

- 3.1 - Tipos de representações axonométricas.

3.2 - Elaboração de desenhos em representação isométrica de objectos, a partir da leitura dos correspondentes desenhos em representação ortográfica.

4 - COTAGEM

4.1 - Cotagem nominal.

4.1.1 - Geometria e dimensões nominais: números normais.

4.1.2 - Princípios e elementos de cotagem nominal.

4.1.3 - Indicações de cotas especiais. Disposições das cotas.

4.1.4 - Execução de cotagens nominais: cotagens de forma e de posição.

4.2 - Toleranciamento dimensional.

4.2.1 - Tolerâncias e desvios de dimensões lineares e angulares.

4.2.2 - Sistema ISO de tolerâncias: graus de tolerância (qualidades de fabricação), posições do intervalo de tolerância (desvios fundamentais) e simbologia.

4.2.3 - Sistema ISO de ajustamentos: tipos de ajustamentos e ajustamentos recomendados.

4.2.4 - Tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares.

4.3 - Breves referências à metrologia dimensional: medição e controlo das dimensões.

5 - PLANIFICAÇÕES

5.1 - Generalidades.

5.2 - Planificação de superfícies polédricas.

5.3 - Planificação de superfícies curvas de simples curvatura.

6 - DESENHO DE TUBAGENS

6.1 - Desenho esquemático: generalidades e campos de aplicação.

6.2 - Tipos de desenhos de tubagens e respectiva simbologia.

6.3 - Representações ortográfica e isométrica de instalações de tubagens.

6.4 - Leitura do desenho ortográfico.

6.5 - Cotagem geral.

BIBLIOGRAFIA:

Específica da disciplina

- SIMÕES MORAIS, J. - Desenho Técnico Básico 3. Porto: Porto Editora. 22ª edição. 2002.
- SIMÕES MORAIS, J.; ALMACINHA, J. - Texto de Apoio às Disciplinas de Desenho Técnico (LEM) e de Desenho Industrial I (LGEI). SDI - DEMEGI - FEUP. 2002 / 2003.
- ISO Standards Handbook - TECHNICAL DRAWINGS. Vol. 1 - Technical drawings in general. Switzerland: ISO. 4ª ed. 2002.
- ISO Standards Handbook - TECHNICAL DRAWINGS. Vol. 2. - Mechanical engineering drawings; constructin drawings; drawing equipment. Switzerland: ISO. 4ª ed. 2002.
- ISO Standards Handbook - LIMITS, FITS AND SURFACE PROPERTIES. Switzerland: ISO. 2ª ed. 1999.
- NORMAS ISO: TC10 – Documentação técnica de produtos; TC213 - Especificações e verificação dimensionais e geométricas dos produtos; TC19 - Números normais.

Geral dos Desenhos técnico e de construção mecânica

- CHEVALIER, A. - Guide du Dessinateur Industriel. Paris: Hachette Technique. 1998.
- EARLE, J.H. - Engineering Design Graphics: AutoCAD 2000. USA: Addison-Wesley Pub. Company. 10ª edição. 2001.
- FRENCH, T.E. *et al.* - Engineering Drawing and Graphic Technology. USA: Mc-Graw-Hill International Editions. 14ª ed.1993.
- SILVA, A.; DIAS, J.; SOUSA, L. - Desenho Técnico Moderno. Lisboa: LIDEL. 1ª edição. 2001.
- VEIGA DA CUNHA, L. - Desenho Técnico. Lisboa: F.C. Gulbenkian. 11ª edição. 1999.
- SIMÕES MORAIS, J. - Desenho Básico 1. Porto: Porto Editora. 26ª edição. 1999.

SECÇÃO DE DESENHO INDUSTRIAL - SDI - DEMEGI

20020901

O Responsável da disciplina: *José António Almacinha*

DESENHO TÉCNICO

(1º ano - 1º sem.)

AULAS PRÁTICAS LABORATORIAIS (Desmontagens e montagens)

Número de aulas práticas previstas: 11 (Sem contar com os feriados)

PLANO DE AULAS PREVISTO

1ª aula	Apresentação de componentes e sistemas mecânicos de utilização geral (Apont. p.1.1 - 1.14) e 2.1 - 2.3) (Exposição teórica com acetatos + elementos existentes nos armários).
2ª aula	Sessão de demonstração de desmontagem e montagem de um conjunto pertencente a um sistema de alimentação de arame (participação de um técnico das oficinas).
3ª aula	Bombas de engrenagens p/ transm. hidrost. + Válvulas de instalações industriais.
4ª aula	Válvulas de instalações industriais + Bombas de engrenagens p/ transm. hidrost.
5ª aula	Buchas universais + Cilindros pneumáticos.
6ª aula	Cilindros pneumáticos + Buchas universais.
7ª aula	Redutores parafuso sem-fim + Redutores de engr. cilíndricas + Motores p/ transm. hidrost.
8ª aula	Motores p/ transm. hidrost. + Redutores de engr. cilíndricas + Redutores parafuso sem-fim.
9ª aula	Introdução teórica à Metrologia dimensional
10ª aula	Exercícios de metrologia dimensional (c/ paquímetros + micrómetros + comparador, etc.) + Introdução aos moldes para plásticos..
11ª aula	Aula de preparação para exames (esclarecimento de dúvidas sobre Desenho técnico). (16-20/12/02)

DESENHO TÉCNICO

Aulas Práticas Laboratoriais (Desmontagens e Montagens de Conjuntos Mecânicos)

OBJECTIVOS

Os objectivos que se pretende atingir com as operações de desmontagem e montagem de alguns sistemas mecânicos correntes são os seguintes:

- Desenvolver nos alunos a curiosidade sobre o modo de funcionamento e constituição dos órgãos mecânicos correntes.
- Desenvolver o espírito crítico dos alunos sobre as soluções encontradas.
- Desenvolver nos alunos a curiosidade relativamente aos processos de obtenção de peças.
- Dar a conhecer os órgãos normalizados mais correntes da construção mecânica.
- Ir familiarizando os alunos com os modos de representação de conjuntos e de peças.

Complementarmente, no âmbito destas aulas, os alunos devem realizar operações simples de metrologia dimensional, com o auxílio de paquímetros, micrómetros, comparadores, etc.

REGRAS DE FUNCIONAMENTO

As aulas práticas laboratoriais (PL) funcionam com o seguinte esquema organizativo:

- 1) A distribuição dos trabalhos práticos a realizar por cada grupo é feita antecipadamente, em cada aula anterior.
- 2) Cada grupo deve ler, antes da aula, a monografia correspondente ao trabalho a realizar, para estar em condições de poder atingir, plenamente, os objectivos estabelecidos.
- 3) Cada trabalho prático de desmontagem / montagem deve ser realizado em 2 horas.

- 4) Em cada trabalho, os alunos devem tomar conhecimento das funções e campos de aplicação do conjunto em análise, adquirir uma percepção das suas características de funcionamento e analisar algumas das soluções construtivas encontradas e alguns dos componentes mecânicos e materiais utilizados. Devem também começar a estabelecer uma comparação entre o conjunto e respectivos componentes reais e a sua correspondente representação gráfica estabelecida no desenho de conjunto A3 existente na banca de trabalho.
- 5) O trabalho de introdução à metrologia dimensional é precedido pela leitura, antes da aula, de uma monografia contemplando tópicos tais como: termos fundamentais e gerais da metrologia; grandezas e unidades em metrologia dimensional; medições, instrumentos de medição e caracterização e utilização de alguns aparelhos básicos em metrologia dimensional.
- 6) Para verificar se os grupos atingiram os objectivos estabelecidos para cada trabalho, cada grupo é questionado (nomeadamente, com o preenchimento de uma ficha de avaliação, durante a aula) sobre tópicos considerados relevantes e que permitem apreciar a aquisição de novos conhecimentos expostos na monografia e verificados no trabalho prático.

UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Licenciatura em Engenharia Mecânica

DESENHO TÉCNICO

(1º ano - 1º sem.)

REGRAS ESPECÍFICAS DA DISCIPLINA

ESCOLARIDADE

Aulas teóricas (T)	- 2h (1h + 1h)
Aulas práticas (P)	- 3h (1,5h + 1,5h)
Aulas práticas laboratoriais (PL)	- 2h

METODOLOGIA DA DISCIPLINA

Nas **aulas teóricas (T)**, faz-se uma exposição detalhada do programa da disciplina, ilustrada pela apresentação de alguns exemplos de aplicação.

Nas **aulas práticas (P)**, propõe-se aos discentes a realização de exercícios considerados relevantes e que se encontram disponíveis nos textos de apoio da disciplina.

Nas **aulas práticas laboratoriais (PL)**, cada grupo de dois discentes realiza a desmontagem e posterior montagem de alguns conjuntos mecânicos mais correntes, com o objectivo de adquirir uma percepção geral sobre o seu modo de funcionamento e respectiva constituição, analisando, complementarmente, algumas das soluções construtivas encontradas e tomando contacto com diferentes órgãos mecânicos normalizados, utilizados na construção mecânica.

AVALIAÇÃO

A **aprovação na disciplina de Desenho técnico** está condicionada à prévia obtenção de **frequência**, simultaneamente, às **aulas práticas** (número máximo de faltas limitado a 25% das aulas (P) previstas) e às **aulas práticas laboratoriais** (número máximo de faltas limitado a 25% das aulas (PL) previstas).

A **avaliação** é baseada, fundamentalmente, na classificação de uma prova de exame (≈ 3 horas, com consulta de bibliografia), versando sobre toda a matéria abordada nas aulas teóricas (T) e práticas (P), e

na classificação das fichas de avaliação relativas aos trabalhos realizados nas aulas práticas laboratoriais (PL).

Classificação final = 90% da classificação da prova de exame + 10% da classificação das fichas de avaliação relativas aos trabalhos práticos laboratoriais

Quando a classificação final é igual ou superior a **9,0 valores**, as informações sobre o trabalho desenvolvido nas aulas práticas (P) podem melhorar essa classificação, **até um máximo de 2 valores**.

A obtenção de uma classificação final, na disciplina, superior a **18 valores** implica a necessidade da realização de uma prova complementar.

A **informação sobre o trabalho desenvolvido pelos discentes nas aulas práticas (P)** é adquirida a partir de uma análise da qualidade de execução dos exercícios propostos e, fundamentalmente, através dos resultados de exercícios de resolução individual, propostos no fim do tratamento de cada tema integrador abordado nas aulas.

A **classificação do trabalho desenvolvido pelos discentes nas aulas práticas laboratoriais (PL)** é baseada no número de trabalhos práticos propostos, correctamente concluídos por cada grupo, e na classificação das correspondentes Fichas de avaliação desses trabalhos, elaboradas nas aulas. No caso de um discente não lograr obter aprovação final à disciplina de Desenho técnico, mas ter tido classificação positiva na parte relativa às aulas práticas laboratoriais, fica dispensado da frequência destas, no ano lectivo seguinte.

Nas **provas escritas de avaliação** é apenas permitida a consulta da bibliografia obrigatória (livro DCM -3 e apontamentos complementares), sendo interdita a consulta de exercícios resolvidos e expressamente proibida a permuta de qualquer material de desenho ou apontamentos com os colegas. Em qualquer das provas de avaliação previstas, os discentes devem ser portadores de:

- Documento de identificação (**bilhete de identidade**, etc).
- Material de desenho indicado para a disciplina e uma máquina de calcular (caso julgue necessário) para utilização na parte teórica.

Nas **épocas especiais de exame**, os alunos dispensados de frequência, de acordo com as alíneas a) e b) do número 3 do artigo 4º das Normas Gerais de Avaliação, serão chamados a realizar uma prova prática complementar (um dos trabalhos previstos, para as aulas práticas laboratoriais (**PL**), a indicar pelo docente, no dia da prova) destinada a demonstrar possuírem os conhecimentos que não puderam ser avaliados de forma contínua, nessas aulas.

Porto e FEUP, 1 de Setembro de 2002

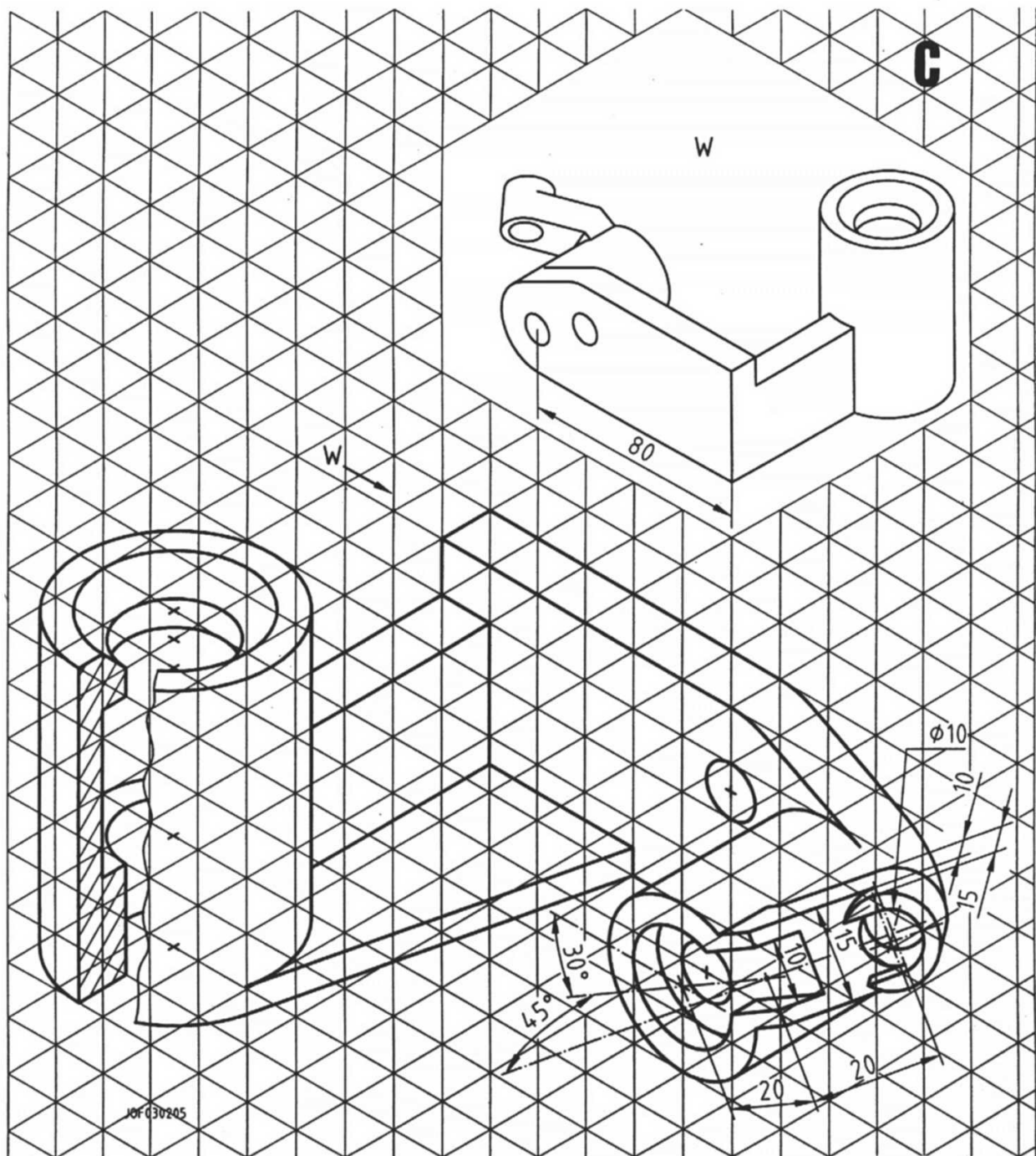
A SECÇÃO DE DESENHO INDUSTRIAL

Execute o **DESENHO ORTOGRÁFICO NOMINAL** da peça representada em isométrico, na figura, seleccionando as projecções (**VISTAS e CORTES**) que ache mais conveniente.

Estabeleça a **COTAGEM NOMINAL** da peça.

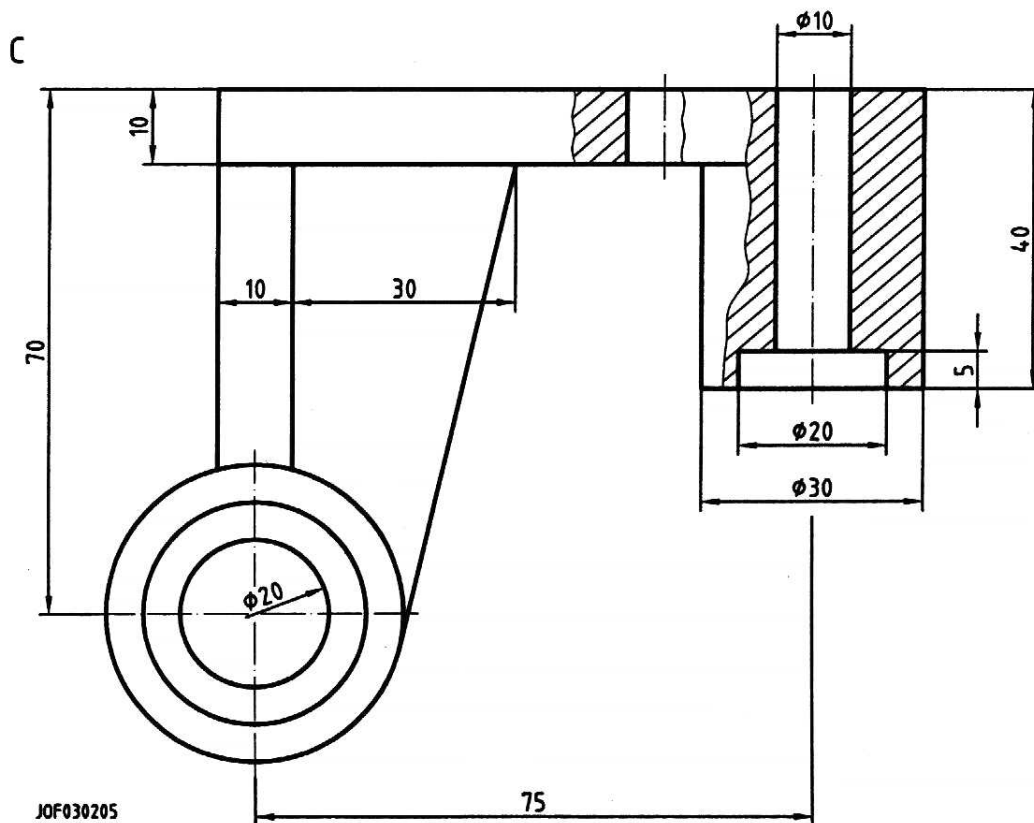
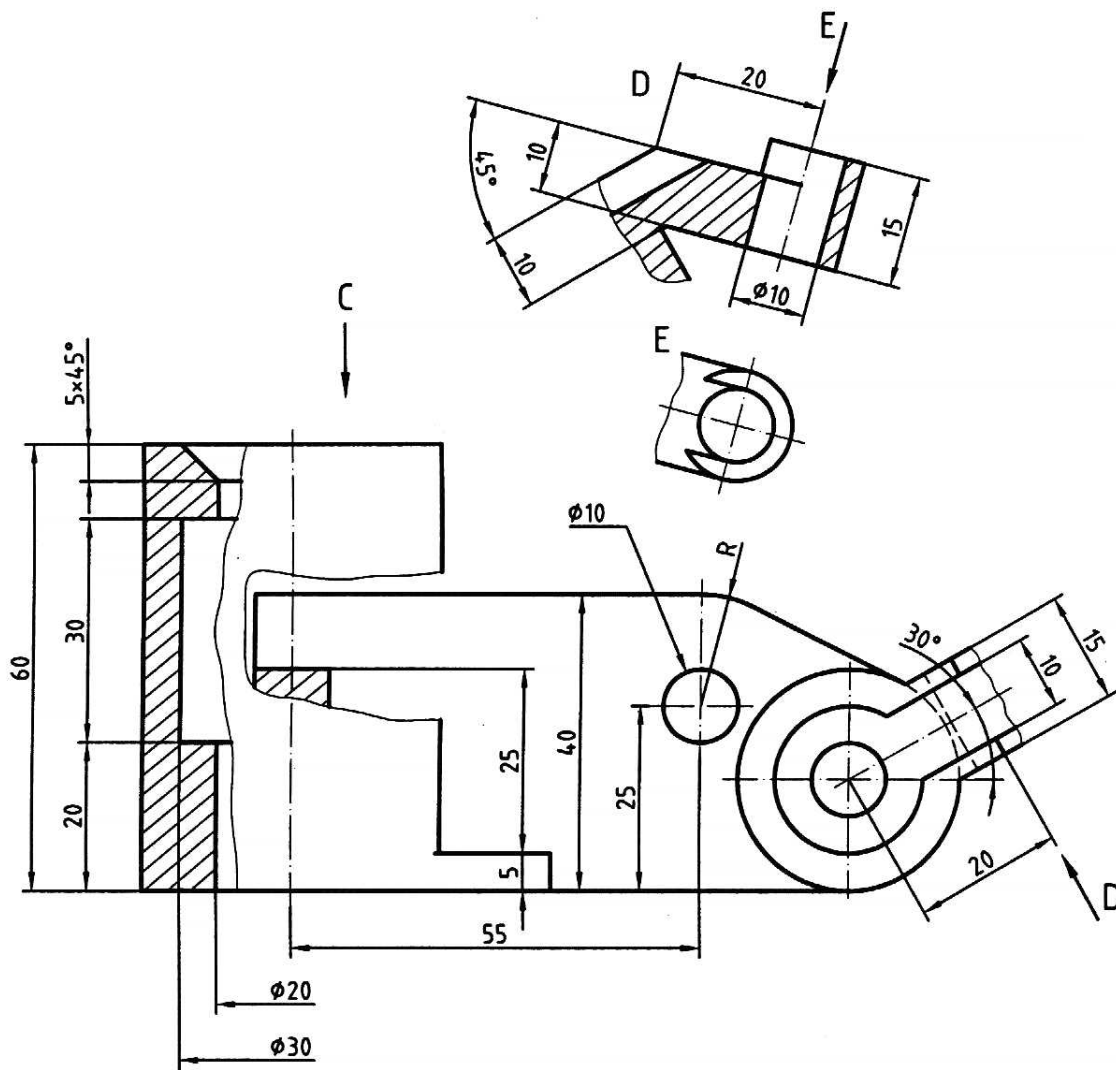
(8 valores)

NOTA: Considere cada unidade do reticulado isométrico equivalente a 10 mm.



RESOLUÇÃO:

C



JOF030205

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

SECÇÃO DE DESENHO INDUSTRIAL (SDI) - DEMEGI

1º Ano - ENGENHARIA MECÂNICA

1º Ano - GESTÃO e ENGENHARIA INDUSTRIAL

Exame de Recurso de Desenho Técnico e de Desenho Industrial I

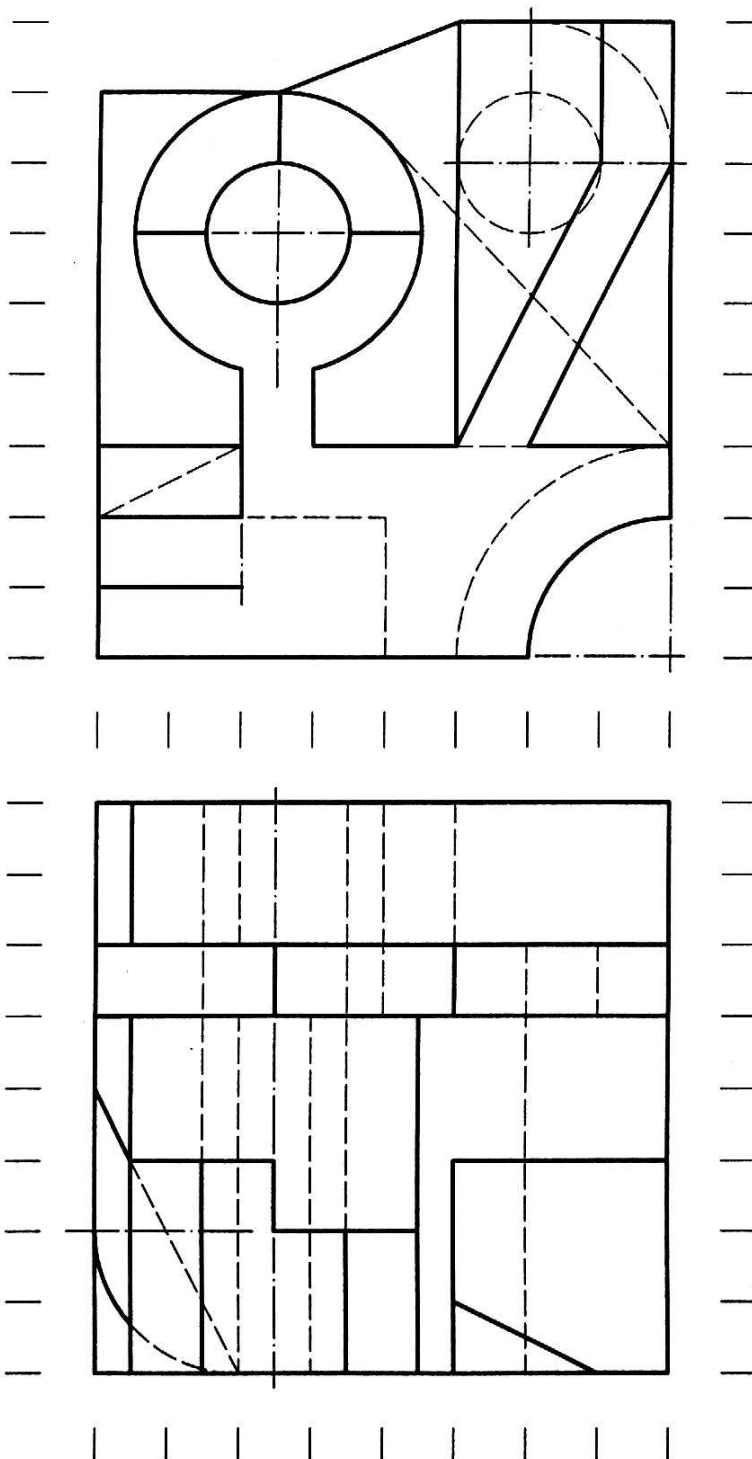
2003-02-05

LEITURA

Execute o **DESENHO ISOMÉTRICO GLOBAL**, bem como os **DESENHOS ISOMÉTRICOS PARCIAIS**, com ou sem cortes, que permitam uma definição completa da peça representada em desenho ortográfico, na figura.

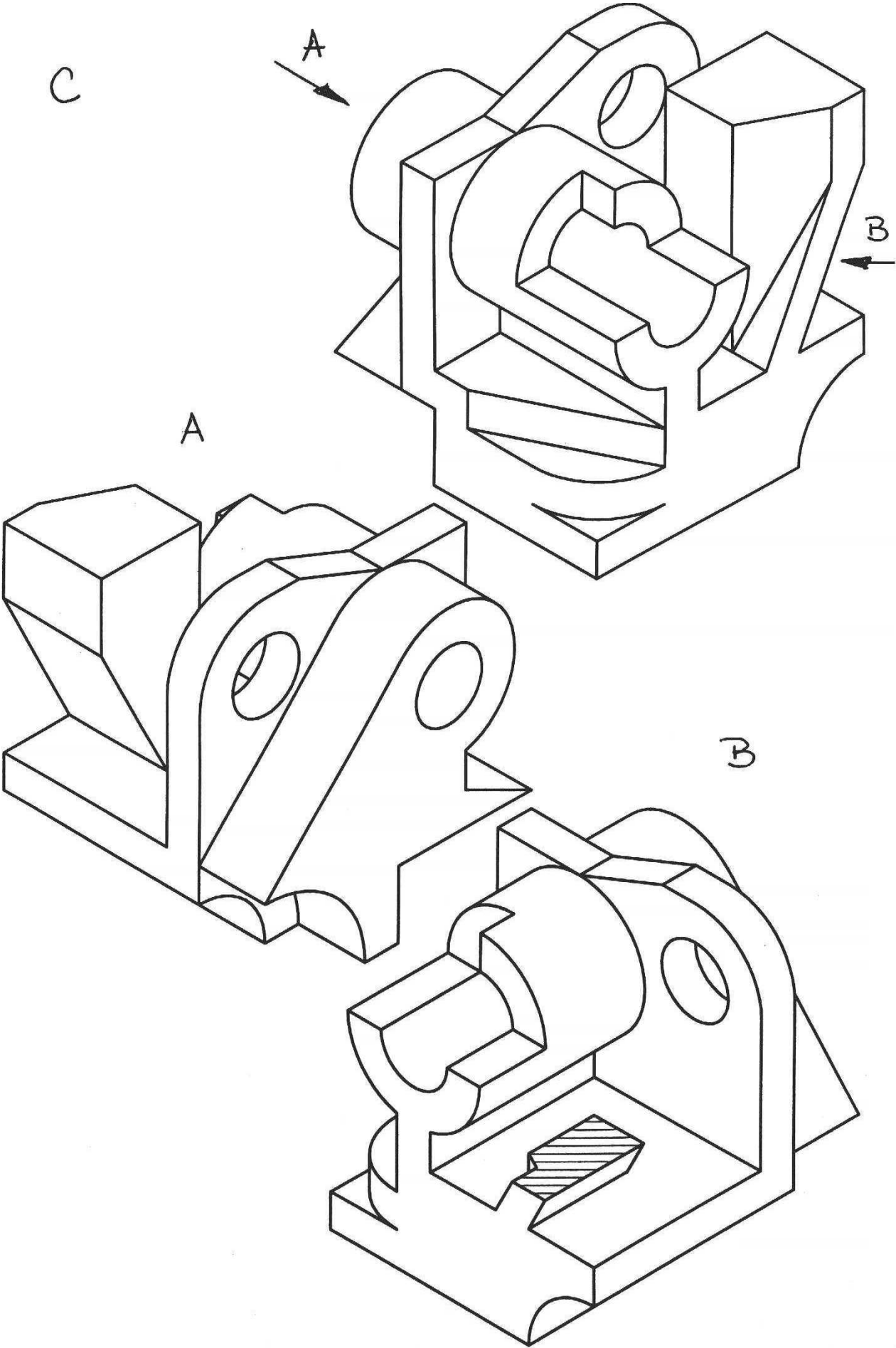
(7 valores)

Observação: Não represente contornos e arestas encobertas nos isométricos.

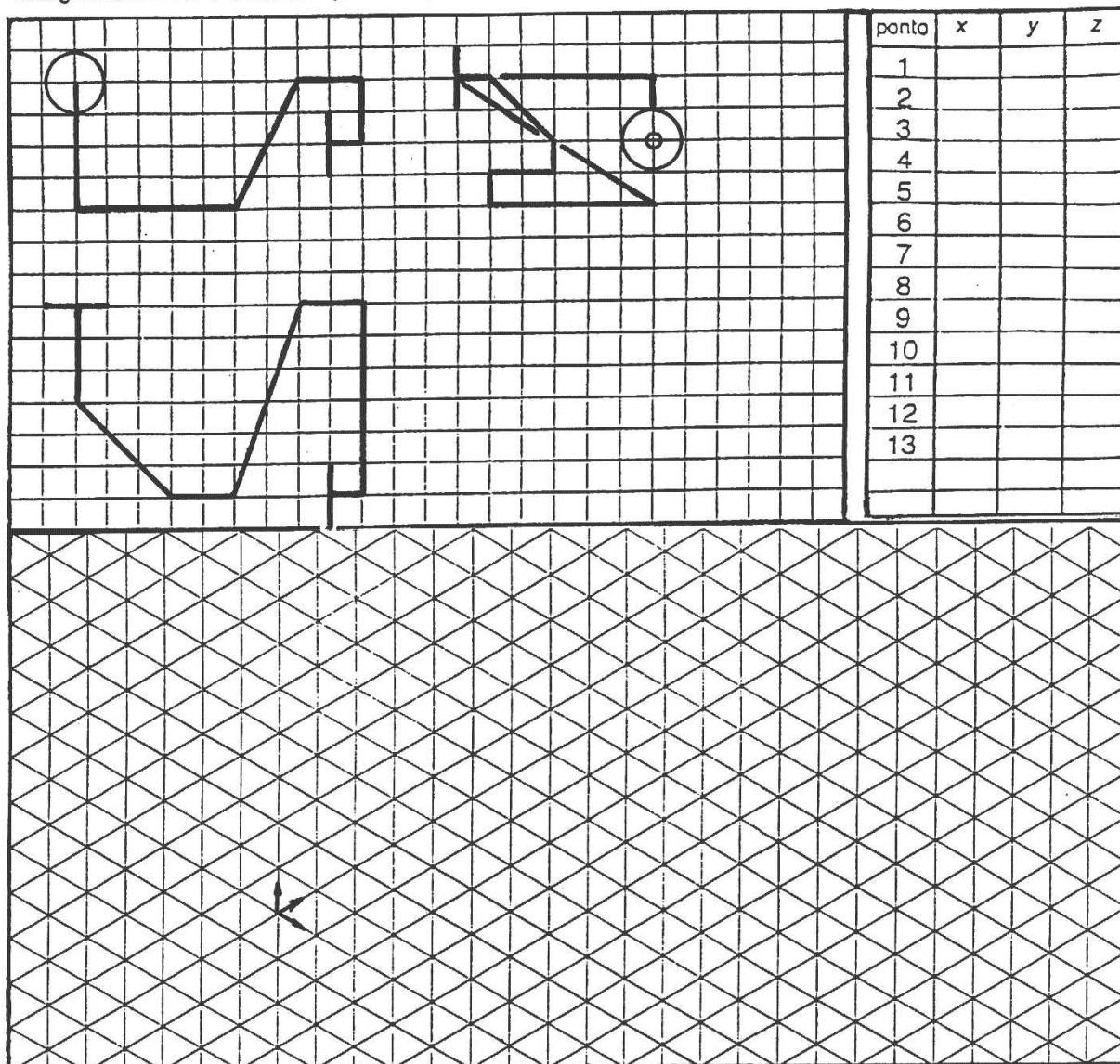


C

RESOLUÇÃO:



1 - Execute o **desenho isométrico da tubagem** representada em desenho ortográfico. Para o preenchimento do quadro de coordenadas e na elaboração do desenho, deve considerar-se a instalação da tubagem dentro do 1º octante. (3 valores)



ponto	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

2 - Toleranciamento dimensional (2 valores)

Num veio de diâmetro nominal de $\varnothing 50$, apoiado em três chumaceiras, pretende-se que os ajustamentos do veio com cada um dos casquilhos das chumaceiras sejam realizados com uma folga média de aproximadamente $100 \mu\text{m}$ e que a folga mínima não seja inferior a $50 \mu\text{m}$. Estabeleça um **ajustamento ISO de furo normal** que satisfaça estas condições e indique os outros ajustamentos ISO funcionalmente equivalentes.

NOME:

RESOLUÇÃO:

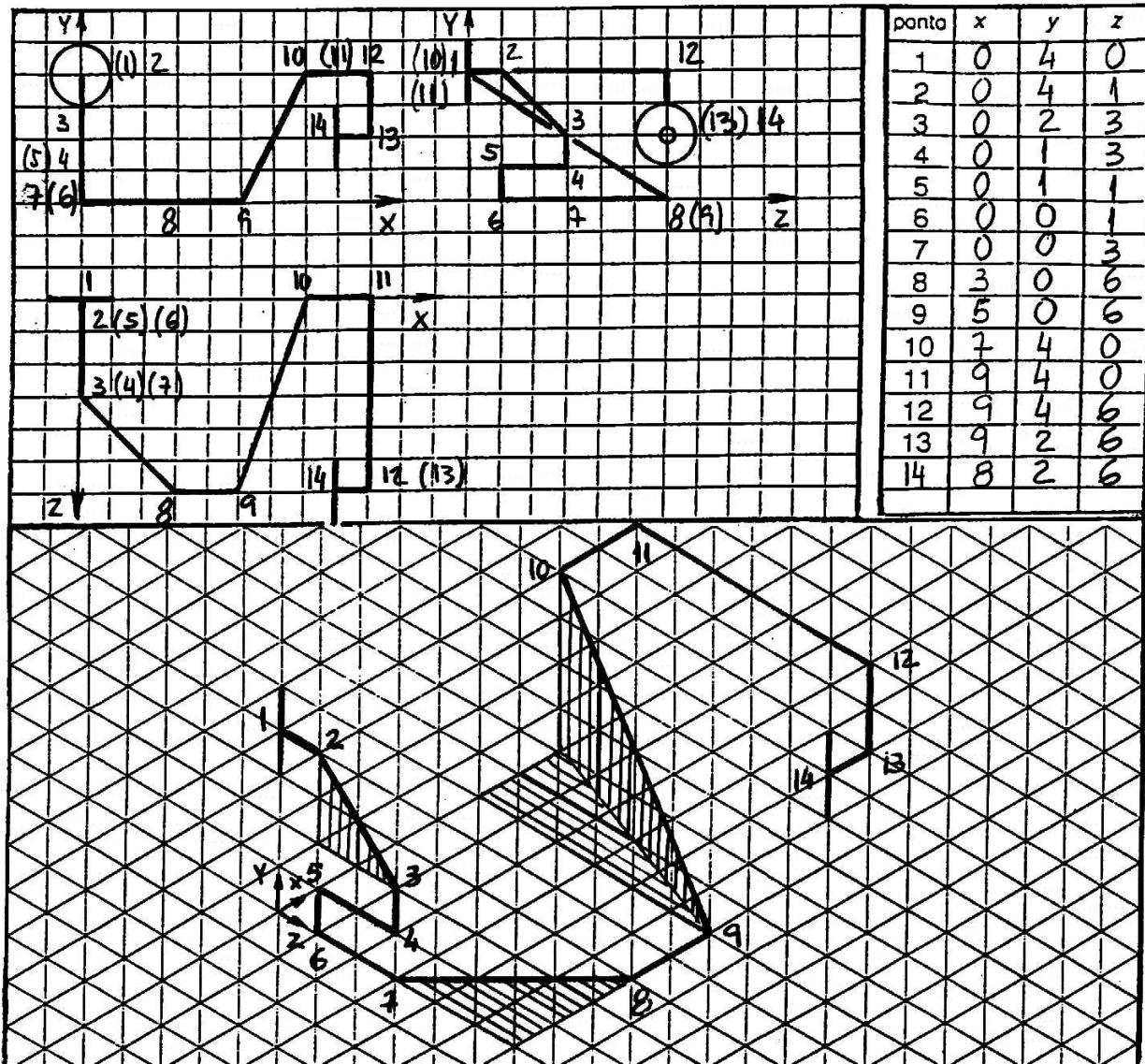
FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO - SDI - DEMEGI

1º Ano - ENGENHARIA MECÂNICA / 1º Ano - GESTÃO e ENGENHARIA INDUSTRIAL

Exame de Recurso de Desenho Técnico e de Desenho Industrial I

2003-02-05

1 - Execute o desenho isométrico da tubagem representada em desenho ortográfico. Para o preenchimento do quadro de coordenadas e na elaboração do desenho, deve considerar-se a instalação da tubagem dentro do 1º octante. (3 valores)



2 - Toleranciamento dimensional (2 valores)

Num veio de diâmetro nominal de $\varnothing 50$, apoiado em três chumaceiras, pretende-se que os ajustamentos do veio com cada um dos casquilhos das chumaceiras sejam realizados com uma folga média de aproximadamente $100 \mu\text{m}$ e que a folga mínima não seja inferior a $50 \mu\text{m}$. Estabeleça um ajustamento ISO de furo normal que satisfaça estas condições e indique os outros ajustamentos ISO funcionalmente equivalentes.

$$F_{med} \approx 100 \mu\text{m} \quad F_{min} = F_{med} - T_{aj}/2 \rightarrow T_{aj} = 2(F_{med} - F_{min}) \approx 100 \mu\text{m}$$

$$F_{min} \geq 50 \mu\text{m} \quad T_{aj} = IT_f + IT_v = IT_8 + IT_9 = 39 + 62 = 101 \approx 100 \mu\text{m}$$

$$\varnothing 50 H8 \quad \begin{matrix} E_s = +39 \mu\text{m} \\ E_I = 0 \end{matrix} \quad F_{min} = E_s - e_1 \geq 50 \rightarrow e_1 \leq -50 \rightarrow e$$

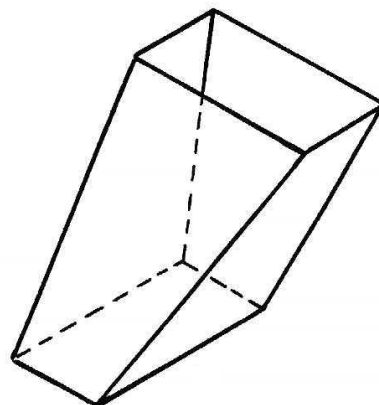
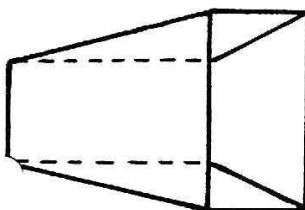
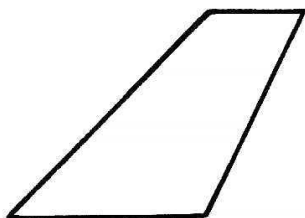
$$\boxed{\varnothing 50 H8 / e9}$$

NOME: Ajustamentos

funcionalmente equivalentes:

$\varnothing 50 E9/h8$; $\varnothing 50 H9/e8$
 $\varnothing 50 E8/h9$

1 - Estabeleça a planificação do adaptador poliédrico representado na figura.



2 - Toleranciamento dimensional

Na fixação de um casquilho de bronze num furo do corpo de um mecanismo utilizado em guindastes, com diâmetro nominal de $\varnothing 60$, pretende-se que o aperto médio seja aproximadamente igual a 0,035 mm e que a tolerância de ajustamento seja menor ou igual a 0,050 mm. Estabeleça um ajustamento ISO de furo normal que satisfaça estas condições e indique os outros ajustamentos ISO funcionalmente equivalentes.

NOME: _____

RESOLUÇÃO:

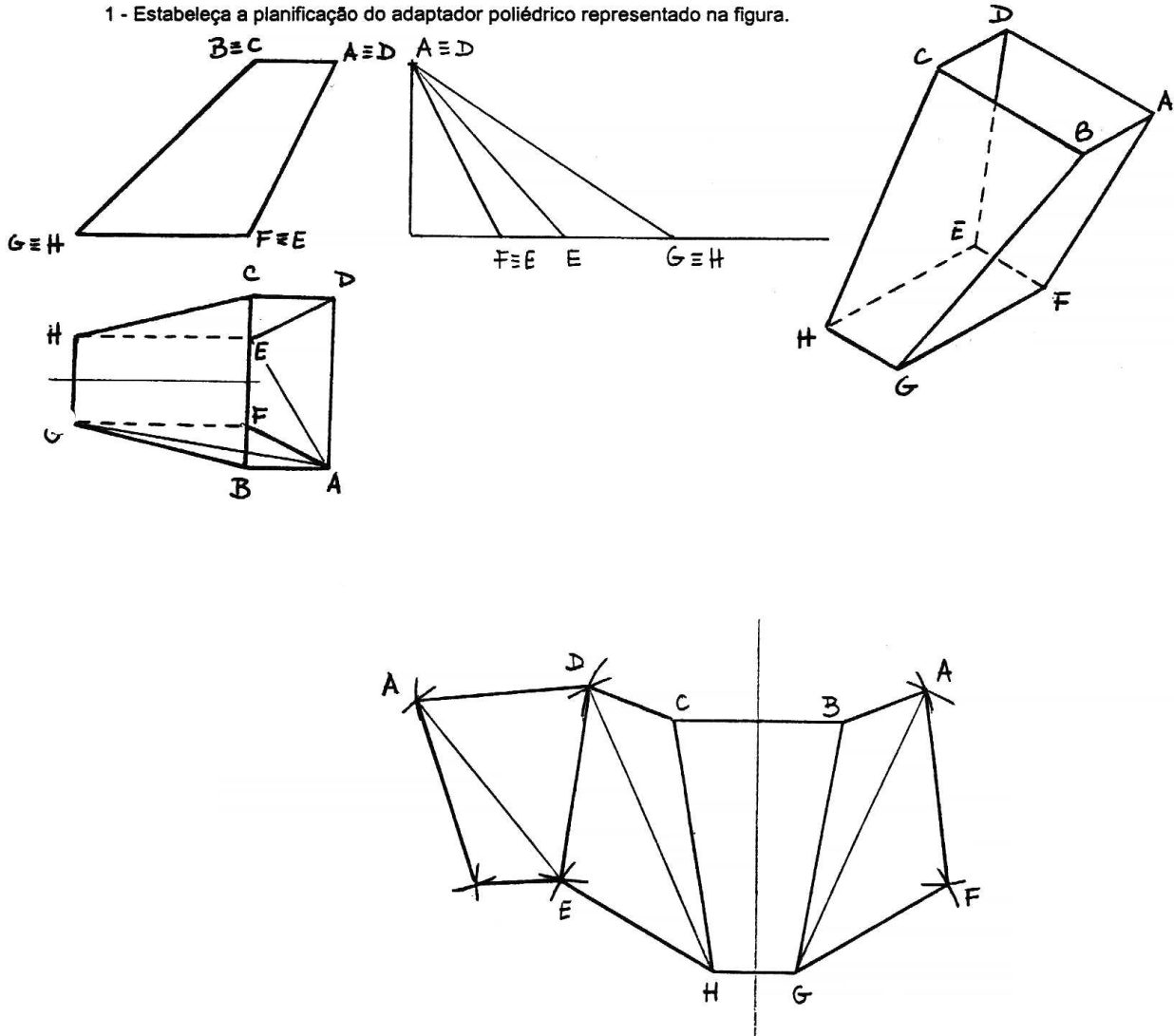
FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO - SDI - DEMEGI

1º Ano - ENGENHARIA MECÂNICA / 1º Ano - GESTÃO e ENGENHARIA INDUSTRIAL

2ª Chamada de Desenho Técnico e de Desenho Industrial I

2002-01-23

1 - Estabeleça a planificação do adaptador poliédrico representado na figura.



2 - Toleranciamento dimensional

Na fixação de um casquilho de bronze num furo do corpo de um mecanismo utilizado em guindastes, com diâmetro nominal de $\varnothing 60$, pretende-se que o aperto médio seja aproximadamente igual a $\varnothing 35$ mm e que a tolerância de ajustamento seja menor ou igual a $\varnothing 50$ mm. Estabeleça um ajustamento ISO de furo normal que satisfaça estas condições e indique os outros ajustamentos ISO funcionalmente equivalentes.

$$\begin{aligned}
 &\varnothing 60 & T_{aj} &= IT_f + IT_v = IT_7 + IT_6 = 30 + 19 = 49 \mu\text{m} \leq 50 \mu\text{m} \\
 &A_{med} \approx 35 \mu\text{m} & A_{max} &= A_{med} + T_{aj}/2 \approx 35 + 24,5 = 59,5 \mu\text{m} \\
 &T_{aj} \leq 50 \mu\text{m} & A_{max} &= e_s - \frac{E_I}{L=0} \approx 59,5 \rightarrow e_s \approx +59,5 \mu\text{m} \\
 &\varnothing 60 H7 & E_s &= +30 \mu\text{m} \\
 & & E_I &= 0 \\
 & & IT_v &= e_s - e_i \rightarrow e_i \approx e_s - IT_v = +59,5 - 19 = +40,5 \mu\text{m} \rightarrow +41 \mu\text{m} \rightarrow r \\
 & \text{NOME: } & \varnothing 60 H7 / r6 & \\
 & \text{Ajustamentos} & \text{funcionalmente equivalentes: } & \varnothing 60 R7 / h6 \quad \varnothing 60 H6 / r7 \\
 & & & \varnothing 60 R6 / h7
 \end{aligned}$$

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA
DESENHO TÉCNICO

Aulas Práticas Laboratoriais de Desmontagem e Montagem de Conjuntos Mecânicos

Trabalho Prático: Metrologia Dimensional.

- / 5 **1)** O que é a **metrologia dimensional**?
- / 5 **2)** Defina as grandezas **comprimento** e **ângulo plano**.
- / 5 **3)** Em Construção Mecânica, em que **unidades** se exprimem os comprimentos e os ângulos planos?
- / 5 **4)** Indique as **condições ambientais** adequadas à realização das medições, quando se pretende garantir níveis de exactidão médios ou elevados.
- / 5 **5)** Dê exemplos de **métodos de medição** directos, indirectos e diferenciais.
- / 5 **6)** Dê exemplos de **erros de medição sistemáticos** que podem afectar os resultados das medições.

- / 5 **7)** Dê exemplos de **erros de medição aleatórios** que podem afectar os resultados das medições.
- / 5 **8)** Que informações devem ser incluídas no **resultado de uma medição**?
- / 5 **9)** Como é que se pode fazer a verificação de **cotas sem indicação directa de tolerância**, existentes no desenho de uma peça?
- / 5 **10)** Como é que se pode fazer a verificação de **cotas toleranciadas individualmente**, existentes no desenho de uma peça?
- / 5 **11)** Defina a noção de **cadeia de rastreabilidade** e dê um exemplo da sua materialização para o caso da metrologia dimensional.

- / 5 **12)** Diga o que entende por **resolução de um dispositivo indicador** de um instrumento de medição.
- / 5 **13)** O que é a **natureza de um nónio**? Como se pode determinar?
- / 5 **14)** Porque é que a amplitude de medição dos **micrómetros** não é, geralmente, superior a 25 mm?
- / 5 **15)** Defina a noção de **natureza do fuso de um micrómetro**. Como se pode determinar?
- / 5 **16)** Porque é que **o curso** do apalpador existente na extremidade da haste móvel de um **comparador mecânico** corrente não ultrapassa os 10 mm? Este instrumento é usado, preferencialmente, em que tipo de medições?

/ 5 **17)** Como se determina a **natureza do nónio circular de uma suta**?

/ 5 **18)** Indique o número de algarismos significativos existentes nos seguintes resultados de medições:

a) 2700 m b) 6,00 mm; c) 50,001 m; d) 0,0105 m; e) 3,27 cm

a) b) c) d) e)

/ 5 **19)** O valor de uma dada grandeza é calculado a partir de resultados de medições de outras grandezas, medidas com diferentes exactidões. Indique o valor do resultado calculado através das seguintes expressões:

a) $1578 \times 0,02 / 7,20 =$

b) $(38,7 \times 0,75) + 15,00 + (6,398 / 4,27) =$

/ 5 **20)** Determine os valores médios amostrais das seguintes séries de medições:

a) 7,01 mm; 7,02 mm; 7,00 mm; 7,03 mm

b) 147,9 m; 148,0 m; 148,0 m; 148,1 m; 148,1 m; 148,2 m

Data: _____ **Turma:** _____

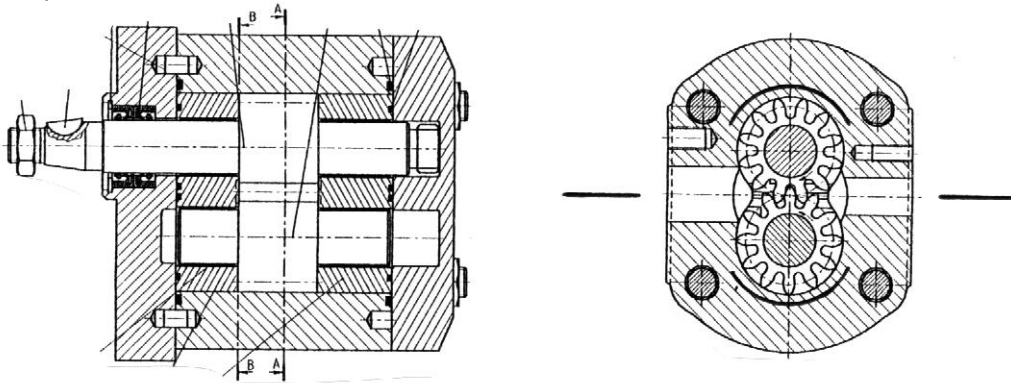
NOMES: _____

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA
DESENHO TÉCNICO

Aulas Práticas Laboratoriais de Desmontagem e Montagem de Conjuntos Mecânicos

Trabalho Prático: Bomba de Engrenagens Exteriores de Dentado Recto Utilizadas em Transmissões Hidrostáticas – **Des. N°** _____

- / 6 1) No esquema do corpo da bomba, a seguir representado, **complete as setas que indicam os sentidos de admissão e de expulsão do óleo** e os correspondentes sentidos de rotação dos veios-pinhão.



- / 5 2) As rodas dentadas rodam em contacto com as faces transversais (rectas) interiores das respectivas chumaceiras de apoio. Para que servem **os canais (ou rasgos) transversais (horizontais)** existentes nessas faces?
- / 5 3) Para que serve **o canal (ou rasgo) vertical** existente na face recta interior **e/ou** o canal longitudinal existente em cada furo (conforme o exemplo em análise) de cada uma das chumaceiras de apoio das rodas?
- / 5 4) Para que servem as **áreas de pressão de compensação laterais**, limitadas por vedantes, existentes entre as tampas e as faces transversais (rectas) exteriores das chumaceiras?
- / 5 5) Para que servem as **duas câmaras de baixa pressão**, limitadas por vedantes, existentes entre as tampas e as faces transversais exteriores das chumaceiras?

/ 6 **6)** Esta bomba pode ter um **funcionamento reversível**? S / N. Porquê?

/ 15 **7)** Indique o **tipo de rosca, o diâmetro nominal, o passo e o comprimento de um dos parafusos** que ligam as tampas ao corpo da bomba. Escreva a **designação normalizada** deste parafuso (ver DCM-3, pág. 188).

/ 15 **8)** Determine de forma aproximada o módulo (**m**) dos dentes dos **veios-pinhão** e os correspondentes diâmetro primitivo **d**, diâmetro da cabeça **d_a** e diâmetro do pé **d_f** destes (ver DCM-3, pág. 201).

/ 6 **9)** Indique os **materiais** em que são fabricados o corpo da bomba, as tampas da bomba e os veios-pinhão.

/ 6 **10)** Indique quais os possíveis **processos de fabricação** utilizados na obtenção do corpo e das tampas da bomba.

/ 26 **11)** Numa folha A4, esboce o **desenho, em representação ortográfica, do corpo da bomba**.

Data: _____ **Turma:** _____

NOMES: _____

DESENHO DE CONSTRUÇÃO MECÂNICA

- Programa detalhado da disciplina;
- Regras específicas da disciplina;
- Exemplos de exercícios propostos nas aulas e nas provas de avaliação.

NOTA: Os exercícios originais são propostos e realizados em folhas A3.

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E GESTÃO INDUSTRIAL

LIC. EM ENGENHARIA MECÂNICA -----LIC. EM GESTÃO E ENG. INDUSTRIAL

DESENHO DE CONSTRUÇÃO MECÂNICA

DESENHO INDUSTRIAL II

Ano lectivo: 2002/2003 - 2º ano - 2º semestre.

Carga horária semanal: Teórico-práticas - 5h;

Unidades de crédito (U.C.): 3,0;

Teórico-práticas - 5h.

Unidades de crédito (U.C.): 3,0.

OBJECTIVOS:

Desenvolvimento dos conceitos relativos à normalização em Desenho de Construção Mecânica. Aperfeiçoamento das capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica. Primeira abordagem ao desenho de concepção, com a execução de desenhos de conjunto em representação ortográfica e a selecção de elementos mecânicos normalizados. Introdução à análise funcional de mecanismos, a partir da leitura de desenhos de conjunto em representação ortográfica, com a execução de desenhos de definição de produto acabado de alguns dos seus elementos componentes. Desenvolvimento da capacidade para estabelecer relações entre as fases de concepção, definição, fabricação e verificação.

PROGRAMA DETALHADO:

1 - NORMALIZAÇÃO EM DESENHO DE CONSTRUÇÃO MECÂNICA

- 1.1 - Tipos de desenhos técnicos: desenho de concepção, desenho de definição, desenhos de execução e desenhos para catálogos técnicos.

2 - ESPECIFICAÇÕES DIMENSIONAIS E GEOMÉTRICAS DE PRODUTOS E SUA VERIFICAÇÃO

2.1 - COMPLEMENTOS DE COTAGEM NOMINAL

- 2.1.1 - Números normais para dimensões lineares e valores preferíveis para ângulos (breve revisão).
- 2.1.2 - Arestas de forma não definida: vocabulário e indicações nos desenhos.
- 2.1.3 - Representação simplificada de peças moldadas, fundidas e estampadas.

2.2 - TOLERANCIAMENTO DIMENSIONAL

- 2.2.1 - Tolerâncias dimensionais individuais: o sistema ISO de tolerâncias (breve revisão).
- 2.2.2 - Tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares (breve revisão).
- 2.2.3 - Sistema de tolerâncias dimensionais para peças fundidas.
- 2.2.4 - Tolerâncias gerais para construções soldadas.
- 2.2.5 - Propriedades das dimensões toleranciadas.
 - 2.2.5.1 - Estabelecimento de cadeias de cotas.
 - 2.2.5.2 - Transferência de cotas.
- 2.2.6 - Tolerâncias angulares.
 - 2.2.7.1 - Tolerâncias angulares de prismas.
 - 2.2.7.2 - Tolerâncias angulares de cones (sistema antigo).

2.3 - TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

- 2.3.1 - Tolerâncias de forma, de orientação, de posição e de batimento.
 - 2.3.1.1 - Generalidades, definições, símbolos e indicações nos desenhos.
- 2.3.2 - Toleranciamento de cones (ISO 3040).

- 2.3.3 - Referências e sistemas de referência para tolerâncias geométricas.
- 2.3.4 - Toleranciamento de localização.
- 2.3.5 - Zona de tolerância projectada nos toleranciamentos de orientação e de posição.
- 2.3.6 – Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas.
- 2.3.7 - Tolerâncias geométricas gerais.
- 2.3.8 - Cálculo de algumas tolerâncias geométricas.
- 2.3.9 - Breves referências aos princípios e métodos de verificação do toleranciamento geométrico.

2.4 - INDICAÇÃO DOS ESTADOS DE SUPERFÍCIE

- 2.4.1 - Símbolos gráficos e posição dos requisitos para a indicação dos estados de superfície nos desenhos.
- 2.4.2 - Referência aos parâmetros de rugosidade de superfície e métodos de verificação mais utilizados.

2.5 - PRINCÍPIO DE TOLERANCIAMENTO DE BASE

- 2.5.1 - Princípio da independência.
- 2.5.2 - Interdependência entre dimensão e geometria.
 - 2.5.2.1 - Exigência de envolvente (princípio de Taylor).
 - 2.5.2.2 - Princípio do máximo de matéria.
 - 2.5.2.2.1 – Exigência do mínimo de matéria.

3 - SISTEMAS E COMPONENTES MECÂNICOS NORMALIZADOS DE UTILIZAÇÃO GERAL

3.1 - ELEMENTOS DE LIGAÇÃO E ÓRGÃOS MECÂNICOS DE TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO

- 3.1.1 - Tipos de elementos e órgãos mecânicos e suas possíveis classificações.
- 3.1.2 - As representações completas e simplificadas em desenho.
- 3.1.3 - As designações completas normalizadas dos componentes mecânicos.

3.2 - ROSCAS

- 3.2.1 - Perfis de roscas para diferentes aplicações: fixação, transmissão de movimento e para tubos.
- 3.2.2 - Roscas métricas ISO: perfil e dimensões de base; tolerâncias.

3.3 - ELEMENTOS DE FIXAÇÃO

- 3.3.1 - Peças roscadas.
 - 3.3.1.1 - Classes de materiais, revestimentos e critérios gerais de classificação das peças roscadas.
 - 3.3.1.2 - Parafusos de rosca métrica para usos gerais (H, C, CL, F, FB, CBL, CHC, FHC, etc.).
 - 3.3.1.3 - Parafusos de pressão e de guiamento.
 - 3.3.1.4 - Pernos de rosca métrica.
 - 3.3.1.5 - Porcas: Hexagonais, quadradas, cilíndricas, de imobilização e para aperto manual.
 - 3.3.1.6 - Anilhas: planas, dentadas, elásticas e freios de imobilização.
- 3.3.2 - Pinos: cónicos, cilíndricos, elásticos, com estrias, bifurcados e de articulação.
- 3.3.3 - Anéis elásticos: estampados, de arame e de montagem radial.
- 3.3.4 - Rebites: diferentes tipos e suas aplicações gerais.
- 3.3.5 - Soldadura: tipos de juntas soldadas, suas representações completas e simbólicas.

3.4 - VEIOS E UNIÕES.

- 3.4.1 - Pontas de veio cilíndricas e cónicas.
- 3.4.2 - Enchavetamentos: livres (chavetas paralelas e disco); forçados (chavetas de cunha e côncavas) e longitudinais.
- 3.4.3 - Acoplamentos por estrias: estrias de flancos paralelos e de flancos em evolvente.

3.5 - ROLAMENTOS

- 3.5.1 - Tipos de rolamentos e suas representações em desenho.

3.6 - JUNTAS DE VEDAÇÃO

3.6.1 - Tipos de juntas e suas representações em desenho.

3.7 - MOLAS

3.7.1 - Tipos de molas e suas representações em desenho.

3.8 - ENGRENAGENS

3.8.1 - Tipos de rodas dentadas e suas representações em desenho.

4 - CONSTRUÇÕES METÁLICAS

4.1 - Representação simplificada de barras e perfis.

4.2 - Representação simplificada de ligações de peças por meio de elementos de fixação.

5 - DESENHOS ESQUEMÁTICOS

PARTE PRÁTICA

- 1 - Representação ortográfica mais conveniente e cotação nominal de objectos (complementos).
- 2 - Desenhos de conjunto em representação isométrica explodida, realizados a partir da leitura de desenhos de conjunto em representação ortográfica.
- 3 - Desenhos de conjunto em representação ortográfica, com a selecção de elementos mecânicos normalizados e a elaboração de listas de artigos.
- 4 - Desenhos de definição de produto acabado de elementos componentes de mecanismos.

BIBLIOGRAFIA:

Específica da disciplina

- SIMÕES MORAIS, J. - Desenho Técnico Básico 3. Porto: Porto Editora. 22ª edição. 2002.
- SIMÕES MORAIS, J.; ALMACINHA, J. – Texto de Apoio às Disciplinas de Desenho de Construção Mecânica (LEM) e de Desenho Industrial II (LGEI). SDI - DEMEGI - FEUP. 2002 / 2003.

Geral dos Desenhos técnico e de construção mecânica

- ISO Standards Handbook - TECHNICAL DRAWINGS. Vol. 1 - Technical drawings in general. Switzerland: ISO. 4ª ed. 2002.
- ISO Standards Handbook - TECHNICAL DRAWINGS. Vol. 2. - Mechanical engineering drawings; construction drawings; drawing equipment. Switzerland: ISO. 4ª ed. 2002.
- ISO Standards Handbook - LIMITS, FITS AND SURFACE PROPERTIES. Switzerland: ISO. 2ª ed. 1999.
- ISO Standards Handbook - FASTENERS AND SCREW THREADS (3 parts in 2 Vol.). Switzerland: ISO. 5ª ed. 2001.
- CHEVALIER, A. - Guide du Dessinateur Industriel. Paris: Hachette Technique. 1998.
- EARLE, J.H. - Engineering Design Graphics: AutoCAD 2000. USA: Addison-Wesley Pub. Company. 10ª edição. 2001.
- FRENCH, T.E. *et al.* - Engineering Drawing and Graphic Technology. USA: Mc-Graw-Hill International Editions. 14ª ed. 1993.
- SILVA, A.; DIAS, J.; SOUSA, L. - Desenho Técnico Moderno. Lisboa: LIDEL. 1ª edição. 2001.
- VEIGA DA CUNHA, L. - Desenho Técnico. Lisboa: F.C. Gulbenkian. 11ª edição. 1999.
- SIMÕES MORAIS, J. - Desenho Básico 1. Porto: Porto Editora. 26ª edição. 1999.
- NORMAS ISO: TC1 - Roscas; TC2 - Elementos de fixação; TC10 – Documentação técnica de produtos; TC14 - Veios e acessórios; TC19 - Números normais; TC213 - Especificações e verificação dimensionais e geométricas dos produtos.



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Licenciatura em Engenharia Mecânica

Licenciatura em Gestão e Engenharia Industrial

DESENHO DE CONSTRUÇÃO MECÂNICA e DESENHO INDUSTRIAL II

(2º ano - 2º sem.)

REGRAS ESPECÍFICAS DA DISCIPLINA

ESCOLARIDADE

Aulas teórico-práticas (TP) - 5h (2,5h + 2,5h)

METODOLOGIA DA DISCIPLINA

Nas **aulas teórico-práticas (TP)**, faz-se uma exposição detalhada dos vários temas do programa da disciplina, ilustrada pela apresentação de alguns exemplos de aplicação, intercalada com a realização, por parte dos discentes, de exercícios considerados relevantes e que se encontram, maioritariamente, disponíveis nos textos de apoio da disciplina.

AValiação

A **aprovação nas disciplinas de Desenho de Construção Mecânica (LEM)** e de **Desenho Industrial II (LGEI)** está condicionada à prévia obtenção de **frequência às aulas teórico-práticas** (número máximo de faltas limitado a 25% das aulas previstas).

A avaliação realiza-se em **regime de avaliação distribuída sem exame final**. A avaliação é baseada na análise da qualidade do trabalho desenvolvido ao longo das aulas teórico-práticas e, fundamentalmente, nos resultados de exercícios de resolução individual (mini-testes), propostos no fim do tratamento de cada tema integrador abordado nas aulas.

O **trabalho a desenvolver em cada aula teórico-prática** será, sempre, objecto de prévia definição nas aulas anteriores, estando previsto o tratamento de um tema novo por semana. Em cada semana, no final da segunda aula teórico-prática, poderá ser solicitada aos discentes a entrega do trabalho realizado ao longo da mesma, de modo a facilitar a sua avaliação mais detalhada. **O trabalho deverá ser depositado na caixa de correio do respectivo docente, situada no átrio do 2º andar do Edifício M, até às 19 horas de 2ª feira da semana seguinte.** As classificações dos trabalhos entregues fora do prazo serão afectadas pelas seguintes penalizações: 3ª feira (-2 valores), 4ª feira (-4 valores), 5ª feira (-6 valores) e 6ª feira (-8 valores), dia a partir do qual não serão aceites mais trabalhos.

Os **exercícios de resolução individual (mini-testes)** serão executados com consulta da bibliografia obrigatória (livro DCM-3 e apontamentos complementares), sendo interdita a consulta de exercícios resolvidos e expressamente proibida a permuta de qualquer material de desenho ou apontamentos com os colegas. As datas e os temas versados nestes exercícios serão estabelecidos, nas aulas teórico-práticas, no prazo de duas semanas após o início do período lectivo. Antes da realização de cada exercício de resolução individual, os discentes deverão ter a possibilidade de conhecer as classificações dos elementos de avaliação até então disponíveis.

A realização dos exercícios de resolução individual (mini-testes), relativos ao **desenho de conjunto + ligações mecânicas** e ao **desenho de definição + toleranciamentos**, é uma **condição necessária** para a consideração da existência de um número mínimo de elementos que permita efectuar uma correcta avaliação de cada discente. Qualquer indisponibilidade para realizar algum dos exercícios individuais, previamente anunciados, deverá ser comunicada ao docente com a devida antecedência, de modo a permitir que essa avaliação se possa realizar noutra turma em horário alternativo.

**Classificação final = (classificação do mini-teste “desenho de conjunto + ligações mecânicas” +
classificação do mini-teste “desenho de definição + toleranciamentos” +
classificação dos trabalhos realizados nas aulas) / 3**

A **classificação dos trabalhos realizados nas aulas** será o resultado da média pesada dos seguintes trabalhos:

- Representação ortográfica e cotagem nominal	(1 trabalho com peso 0,5).
- Representação isométrica explodida	(1 trabalho com peso 0,5).
- Desenho de conjunto	(2 trabalhos com peso 1,25 = 2,5).
- Desenho de definição	(2 trabalhos com peso 1,25 = 2,5).

A obtenção de uma classificação final, na disciplina, superior a **18 valores** implica a necessidade da realização de uma prova complementar.

Em todas as aulas teórico-práticas, os discentes devem ser portadores do material de desenho, previamente indicado para a disciplina, e uma máquina de calcular (caso julgue necessário).

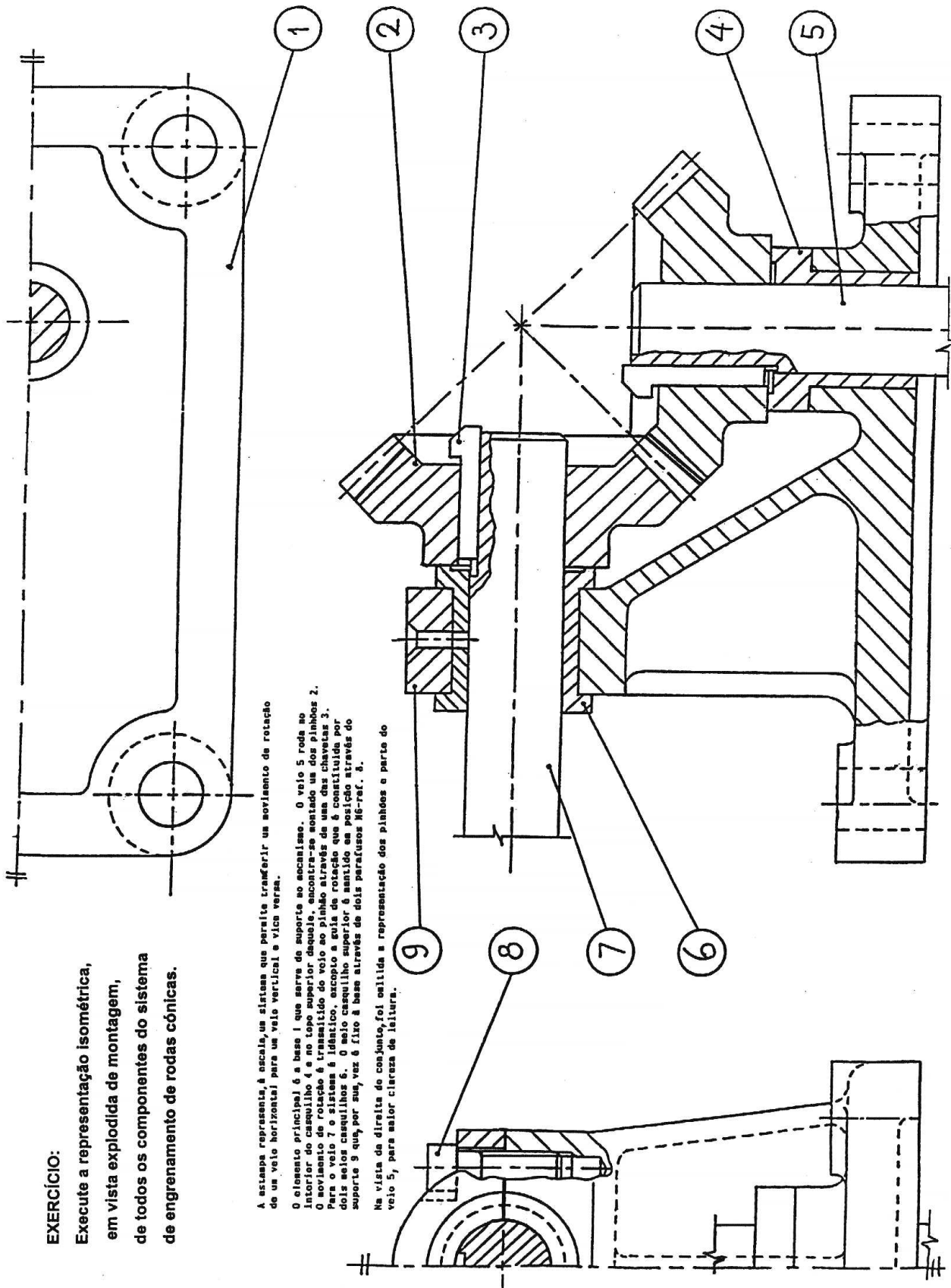
Nas **épocas especiais de exame**, os alunos dispensados de frequência, de acordo com as alíneas a) e b) do número 3 do artigo 4º das Normas Gerais de Avaliação, serão chamados a realizar um trabalho especial (o respectivo enunciado deve ser obtido junto do docente responsável pela disciplina, antes da realização do exame) destinado a demonstrar possuírem os conhecimentos que não puderam ser avaliados nas aulas. Por sua vez, os alunos que obtiveram frequência podem optar por manter válida a componente da avaliação relativa aos trabalhos realizados nas aulas ou realizar, em sua substituição, um trabalho especial. A prova de exame (4,5 horas, com consulta de bibliografia) engloba toda a matéria objecto dos dois mini-testes.

Na **prova de melhoria de classificação**, a realizar de acordo com o artigo 10º das Normas Gerais de Avaliação, os alunos podem optar por manter válida a componente da avaliação relativa aos trabalhos realizados nas aulas ou realizar, em sua substituição, um trabalho especial (o respectivo enunciado deve ser obtido junto do docente responsável pela disciplina, antes da realização da prova). A prova de melhoria de classificação engloba toda a matéria objecto dos dois mini-testes.

Porto e FEUP, 30 de Janeiro de 2003

EXERCÍCIO:

Execute a representação isométrica, em vista explodida de montagem, de todos os componentes do sistema de engrenamento de rodas cónicas.

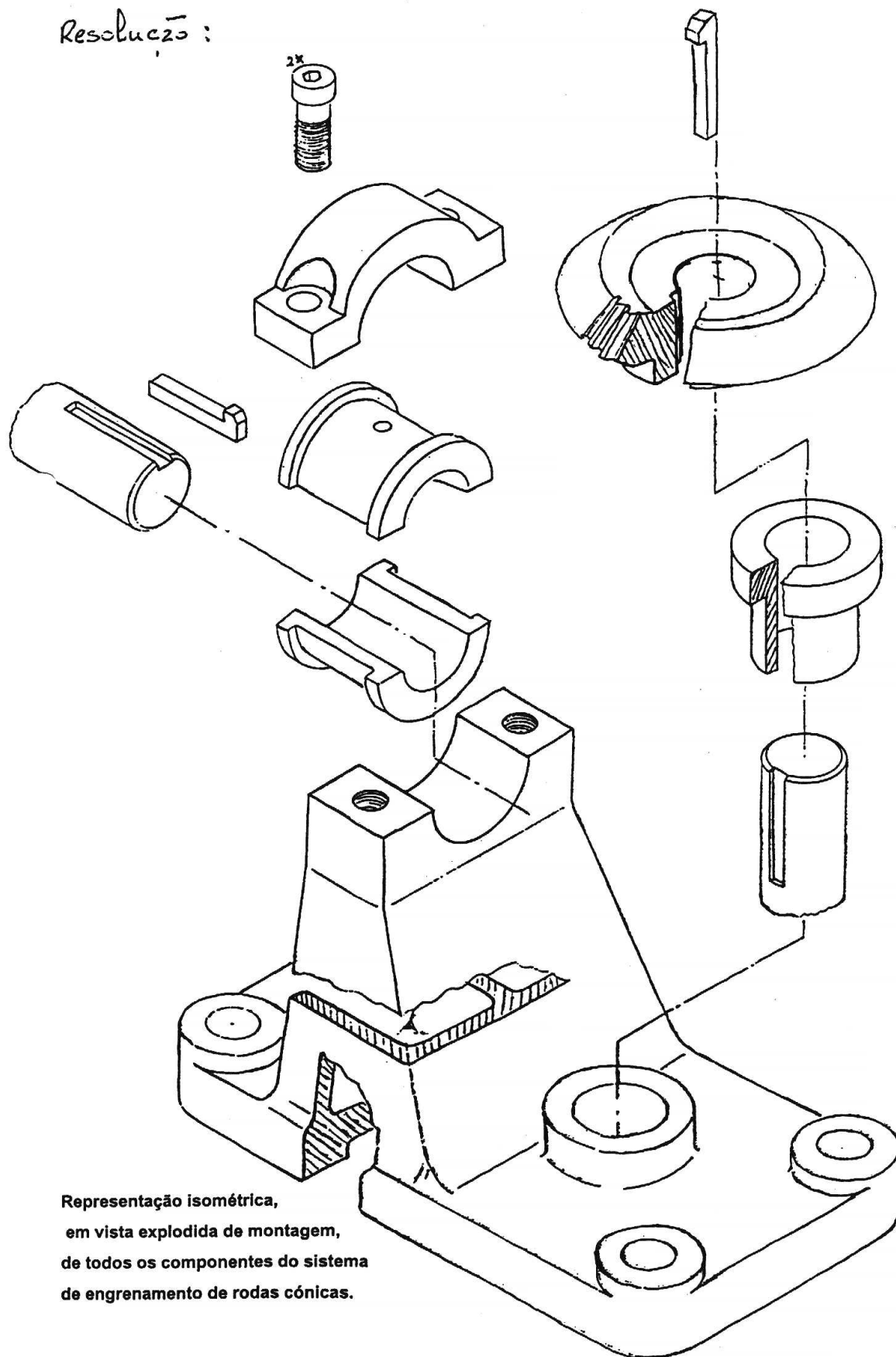


A estampa representa, à escala, um sistema que permite transferir um movimento de rotação de um veio horizontal para um veio vertical e vice-versa.

O elemento principal é a base 1 que serve de suporte ao mecanismo. O veio 5 roda no interior do casquilho 4 e o topo superior deste, encontra-se montado em dois pinhos 2. O movimento de rotação é transmitido do veio ao pinho através de uma das chavetas 3. Para o veio 7 o sistema é idêntico, excepto a guia de rotação que é constituída por dois meios casquilhos 6. O meio casquilho superior é montado na posição através do suporte 9 que, por sua vez, é fixo à base através de dois parafusos M6-Pol. 8.

Na vista da direita do conjunto, foi omitida a representação dos pinhos e parte do veio 5, para maior clareza de leitura.

Resolução:



Representação isométrica,
em vista explodida de montagem,
de todos os componentes do sistema
de engrenamento de rodas cónicas.

SM1922

PINÇA DE APERTO

O conjunto apresentado em vista isométrica explodida, à **escala 1:1**, representa uma pinça de aperto, destinada a permitir a fixação de peças que devem ser sujeitas a uma operação de trabalho.

A base **(1)**, em ferro fundido, tem quatro furos Ø10 para permitir a sua ligação ao exterior, servindo de apoio ao mordente (boca de lobo) **(4)** e ao seu sistema de accionamento.

O movimento axial do mordente **(4)** está limitado pelo esbarro **(2)**, posicionado na base **(1)** por intermédio de um pino cilíndrico Ø5 **(3)**. O esbarro **(2)** serve de apoio à mola helicoidal cilíndrica de compressão **(9)**, estando ambos alojados no oco paralelepípedo inferior, existente no mordente **(4)**.

O movimento axial do mordente **(4)** é guiado por meio da abraçadeira **(5)**, apertada, na base **(1)**, através de dois parafusos de cabeça cilíndrica de oco hexagonal M8 **(6)**, com as cabeças alojadas em caixas existentes na abraçadeira **(5)**.

O accionamento do mordente **(4)** é conseguido por via da rotação do excêntrico **(8)**, em torno do pino de articulação Ø10 **(7)**, com cabeça e ponta roscada, alojado na base **(1)**. O excêntrico **(8)** é movimentado por intermédio do manípulo **(10)**, nele roscado.

A mola helicoidal cilíndrica de compressão ($D_e = 10$; $d = 2$; $L_0 = 32$) **(9)** assegura o recuo do mordente **(4)**, quando o manípulo é rodado de 90°, no sentido directo, relativamente à posição representada no desenho.

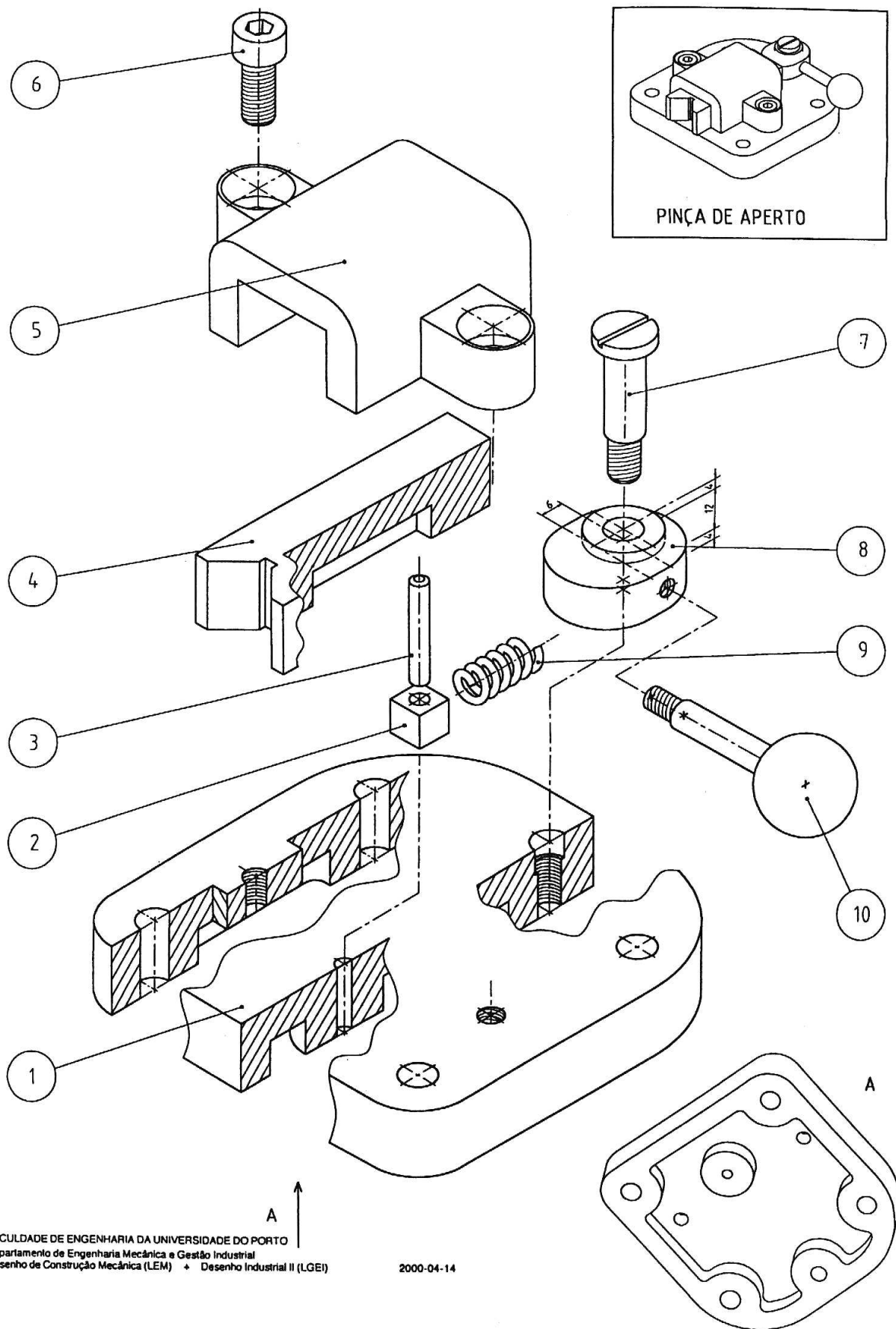
NOTA: O conjunto deve ser desenhado com o mordente **(4)** na posição avançada, correspondente à posição do excêntrico representada na estampa.

EXERCÍCIO:

Elabore, à escala 1:1, o **desenho ortográfico de conjunto** desta PINÇA DE APERTO, representando de uma forma completa todos os pormenores dos seus elementos constituintes.

Consulte as tabelas necessárias para a correcta definição dos elementos normalizados **ref. (3), (6), (7)** e seus respectivos alojamentos.

Estabeleça uma cotagem apropriada a um desenho de conjunto e elabore a correspondente lista das peças, tendo em consideração as designações completas dos elementos normalizados.



FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
 Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
 Desenho de Construção Mecânica (LEM) + Desenho Industrial II (LGEI)

2000-04-14

PINÇA DE APERTO

Resolução:

Diagram A-A: Cross-section of the pin assembly. It shows a central pin (1) with a threaded section (2) and a conical tip (3). The pin is surrounded by a housing (4) with a central bore (5). The housing is mounted on a base (6). Dimensions: 50 (total height), 20 (base thickness), 120 (housing width). Section line A-A is indicated.

Diagram B: Top view of the pin assembly. It shows the circular base (1) with four mounting holes (2). The central pin (1) is shown in cross-section. The housing (4) has a central bore (5) and a conical tip (3). Dimensions: 15 (base radius), 75 (housing radius), 120 (housing width). Section line B-B is indicated.

Diagram: Side view of the pin assembly. It shows the central pin (1) with a threaded section (2) and a conical tip (3). The pin is surrounded by a housing (4) with a central bore (5). Dimensions: 20 (base thickness), 120 (housing width).

Diagram B (base): Base view of the pin assembly. It shows the circular base (1) with four mounting holes (2). The central pin (1) is shown in cross-section. The housing (4) has a central bore (5) and a conical tip (3). Dimensions: 15 (base radius), 75 (housing radius), 120 (housing width).

QTD	DESCRIÇÃO	UNID	QTD	DESCRIÇÃO	UNID
1	MANIPULO		10	ALCO	
1	MOLA HELICOIDAL CL INDRICA COMP.		1	ALCO MOLA	
1	EXCENTRICO		8	ALCO	
1	PINO ART. C/ PINHA ROSCADA N.40		7		
2	PARAFUSO C/CH M8X20-L8		6		
1	ABRACADERA		5		
1	MORDEENTE		4		
1	PINO CL INDRICO, B. 5X30		3		
1	ESBARRO		2		
1	BASE		1		
DESIGNAÇÃO			MATERIAL		
PROJ.			FERRA F.		
DES.			REF		
COP.			Nº MOLDE NO MATRIZ		
VERB.			PRODUTO SEM-ACABADO		
ESC.			MASSA		
1/1			OBSERVAÇÕES		
TOL.					

SDI-DEMEGI

PINÇA DE APERTO

DCM-20000414

SUBSTITUIÇÃO POR:

c/ Resolução:

1 - Na figura 1, apresenta-se o desenho de conjunto parcial de uma peça de fixação de peças que devem ser sujeitas a determinadas operações de trabalho. A fixação da peça a trabalhar, por intermédio do mordente (2), durante a operação de maquinagem, é conseguida através do aperto de uma porca hexagonal M12 (5) num perno (7), que passa pelo interior da moa (4), e de uma anilha plana normal (6), de boa qualidade, de acordo com a figura 1. O perno rosca na base (1) que é fabricada em aço (metal duro).

220 1.1 - Escreva as designações normalizadas do perno, da porca e da anilha a utilizar.

$$L \approx e + 0,2d + m_1 + 0,3d = 17 + 2,4 + 10,8 + 3,6 = 33,8 \rightarrow l_n = 80$$

Perno DIN 938, M12 x 80 - 8.8

Porca H, ISO 4032, M12 - 8

Anilha, ISO 7089 - 12 - 140 HV

110 1.2 - Indique o significado das classes de material especificadas para o perno, a porca e a anilha.

Perno: 8.8 \rightarrow Resistência nominal à tração: $R_m = 8 \times 100 = 800 \text{ N/mm}^2$ (MPa)

Anilha: 140HV \rightarrow Resistência nominal à tração: $R_m = 8 \times 100 = 800 \text{ N/mm}^2$

115 1.3 - Na figura 1, execute o esboço da ligação indicada.

2 - A figura 2 mostra o desenho parcial do furo Ø40 do cubo de uma roda que tem, junto a uma das suas extremidades, uma ranhura onde deve ser alojado um anel elástico para limitar o deslocamento axial do veio (com um chanfro de dimensões $2 \times 45^\circ$), que vai ser acoplado nesse furo.

220 2.1 - Escreva a designação normalizada do anel elástico. Represente a ranhura na figura e faça a colagem (com toleranciamento dimensional) do desenho. Indique quais as cargas axiais máximas que podem ser suportadas pelo cubo (de material com $R_e \geq 200 \text{ MPa}$) e pelo anel elástico.

Anel elástico DIN 472 - 40 x 17,5 - 5t

Carga axial máxima que pode ser suportada pelo cubo: $F_N = 27,0 \text{ kN}$

pelo anel: $F_{N2} = 9,30 \text{ kN}$ (veio c/ chanfro)

220 2.2 - Calcule as folgas limites verificadas entre a largura da ranhura e a espessura do anel.

anel: $1,75 - 0,06$ (h11) $d_{max} = 1,75$ $F_{max} = D_{max} \cdot d_{min} = 1,95 - 1,65 = 0,30$

ranhura: $1,85$ H13 (h14) $D_{max} = 1,95$ $F_{min} = D_{min} \cdot d_{max} = 1,85 - 1,75 = 0,10$

$D_{min} = 1,85$

3 - Na figura 3 a), pode observar-se a representação completa de uma ligação soldada de duas chapas de aço.

115 3.1 - Indique, na figura 3 b), a correspondente representação simbólica que, de acordo com as necessidades, pode ser inscrita, alternativamente, em cada um dos lados da chapa.

Apresente todos os cálculos efectuados. Pode utilizar o verso desta folha

NOME JSA

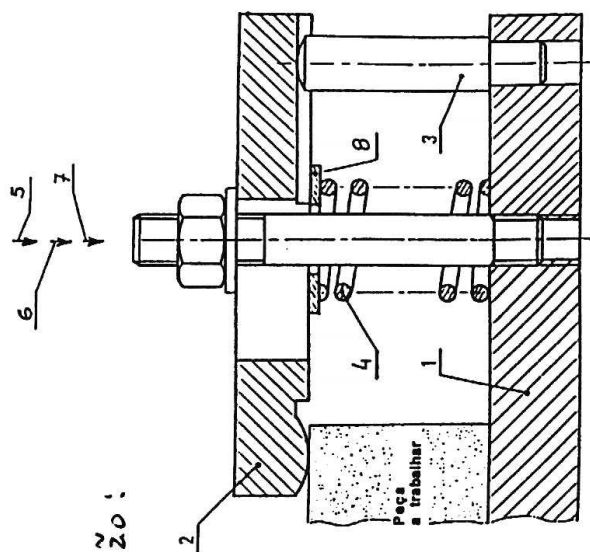


Figura 1
Esc. 1:1

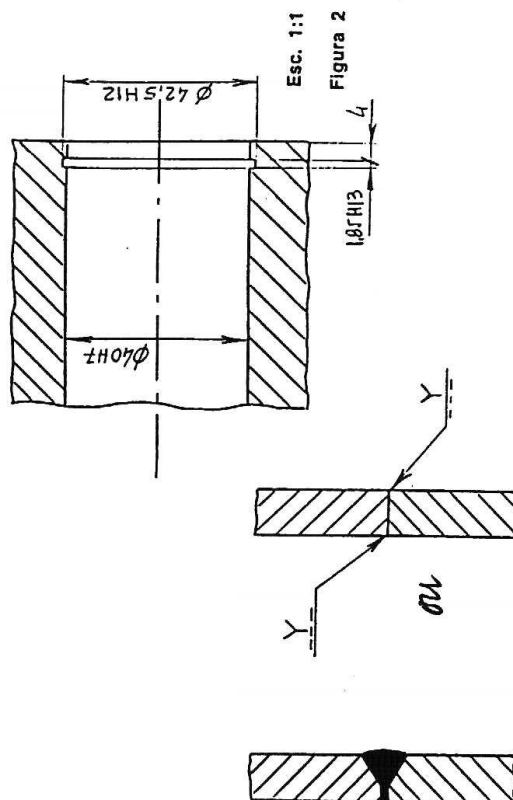


Figura 2
Esc. 1:1

Figura 3 a)

Figura 3 b)

CILÍNDRIO COM ACCIONAMENTO ELÉCTRICO

O conjunto apresentado em desenho ortográfico, à escala 1:1, representa um cilindro com accionamento eléctrico, para o comando automático de uma tampa de um sistema de armazenagem. Uma das extremidades deste mecanismo está ligada a uma zona fixa do sistema, através de uma articulação a que pertencem os casquilhos de bronze (18) e de borracha (19). A outra extremidade, constituída pelo parafuso de olhal (12), está articulada com a tampa a movimentar.

O movimento rotativo induzido pelo motor eléctrico (29) é transmitido ao parafuso sem-fim (2), apoiado em dois rolamentos de rolos cônicos (22), que, por sua vez, engrena com a roda de coroa (3) acoplada numa ponta lisa do fuso (7), que se encontra apoiado no rolamento de agulhas sem anel interior (17) e no rolamento de esferas (5). Todos estes elementos bem como o casquilho (4) onde encaixa o corpo do cilindro (14) estão montados no corpo (1).

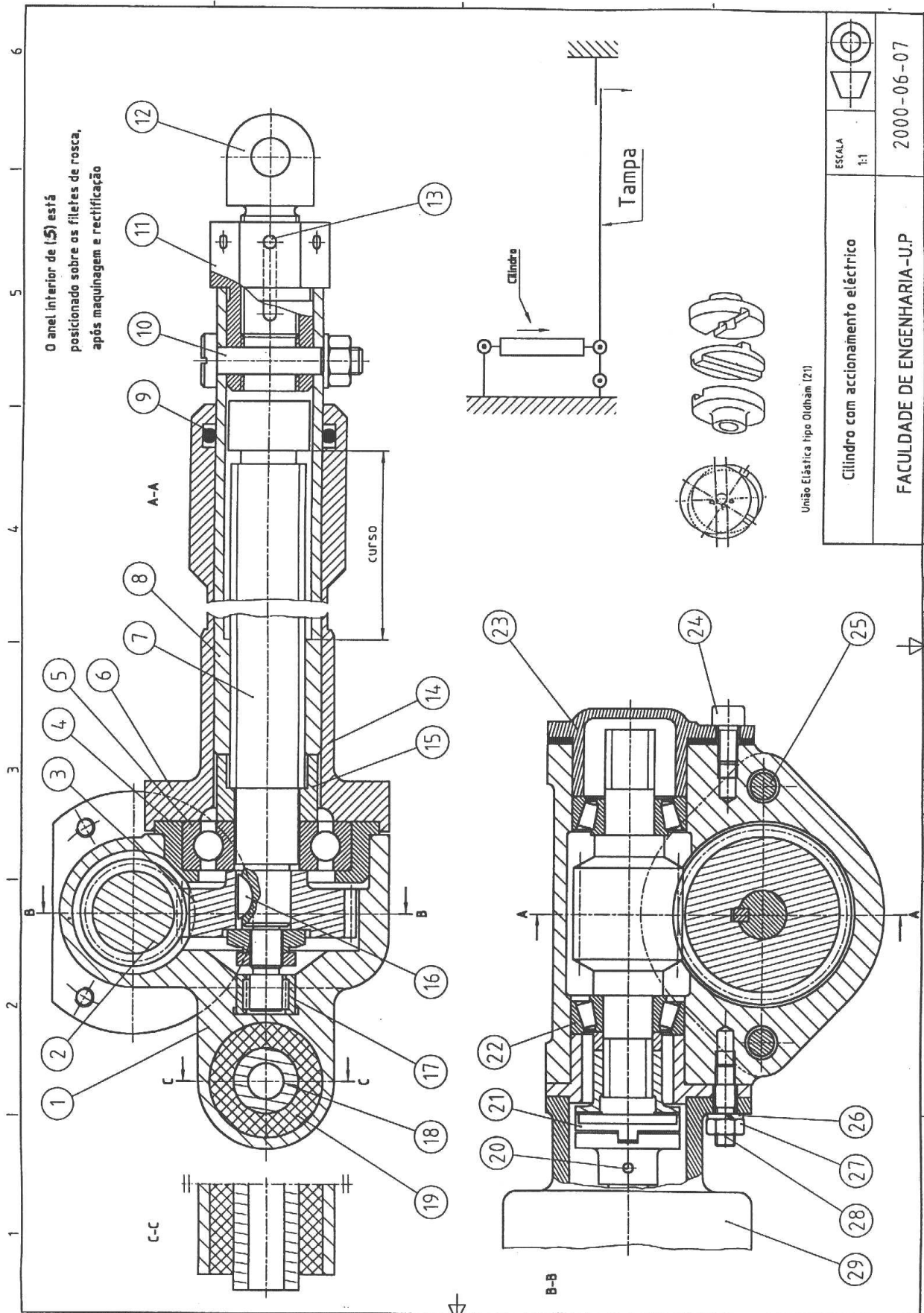
A rotação da roda (3), enchavetada no fuso (7) através da chaveta-disco (16), provoca a rotação do fuso, obrigando ao deslocamento linear da haste (8). O movimento da haste origina a movimentação da tampa (ver esquema anexo).

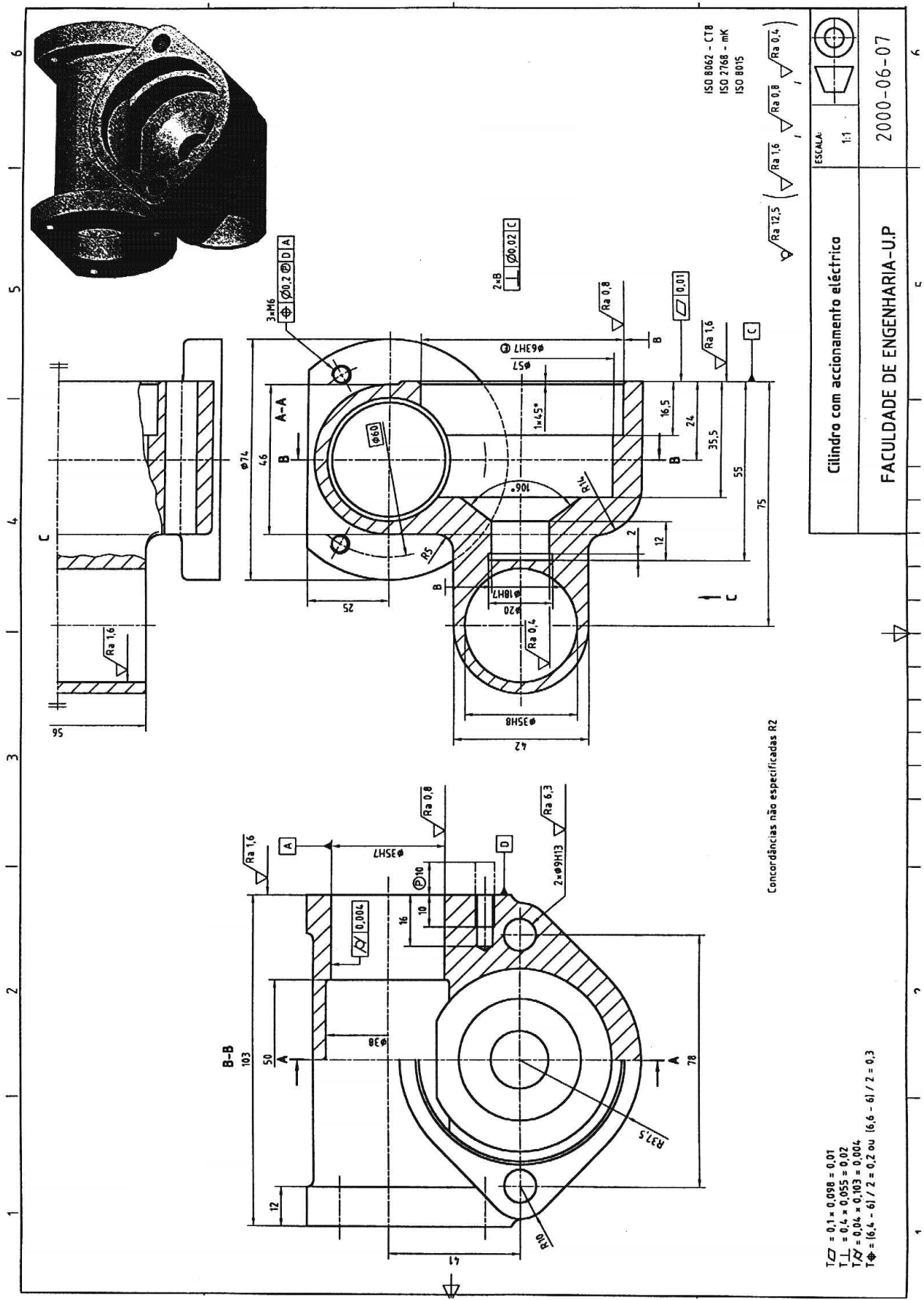
O acoplamento do motor eléctrico (29) com o veio parafuso sem-fim (2) é realizado com uma união elástica tipo Oldham (21). O motor (29) está fixado a uma das flanges do corpo (1), através de três pernos M6 (28) e respectivas porcas H (27) e anilhas elásticas de espira W (26), e a tampa (23) está fixada à outra flange, por meio de três parafusos CHC M6 (24). Todos os elementos roscados são de boa qualidade.

A fixação do casquilho (4) e do cilindro (14) ao corpo (1) é efectuada por dois pernos M8 (25), alojados em furos passantes das peças, com porcas H e anilhas elásticas de espira W (não representadas) em ambas as extremidades de cada perno.

EXERCÍCIO:

- 1) Execute o **desenho ortográfico nominal do corpo (1)**, tendo por base o desenho de conjunto, fornecido em anexo (tempo previsto: _ 1h 15 min).
- 2) Execute o **desenho de definição do corpo (1)**, tendo por base o desenho ortográfico nominal, fornecido em anexo, e as seguintes considerações (tempo previsto: ≈ 1h 15 min):
 - 1) Para efeitos de **toleranciamento geral**, considere que se trata duma peça de fundição em coquilha, construída em gusa (ferro fundido) maleável, em grandes séries, e sujeita a uma construção oficial corrente de qualidade média. Considere também a existência de independência entre os toleranciamentos dimensional e geométrico.
 - 2) Arbitre as **tolerâncias dimensionais** que julgue convenientes, tendo em atenção as características de funcionamento dos diferentes ajustamentos com os vários elementos nele acoplados.
 - 3) Atendendo a algumas das exigências funcionais da peça, represente as **tolerâncias geométricas individuais** adequadas (**qualidade média**), de modo a garantir:
 - 3.1) A **planeza** da face de encosto da cabeça do casquilho (4).
 - 3.2) A **perpendicularidade** dos eixos dos furos de alojamento do rolamento (17) e do casquilho (4), relativamente à face referida na alínea anterior.
 - 3.3) A **cilindricidade** dos furos de alojamento dos rolamentos (22).
 - 4) Estabeleça as **tolerâncias de localização** dos furos roscados, existentes para a fixação da tampa (23) e do motor (29), no corpo (1). Especifique zonas de tolerância projectada adequadas.
 - 5) Arbitre os **acabamentos superficiais** que julgue convenientes, tendo em conta o modo de obtenção da peça e a necessidade de compatibilização entre o acabamento superficial e o toleranciamento dimensional fixados.





$T_{\phi} = 0.1 \times 0.098 = 0.01$
 $T_{L} = 0.4 \times 0.055 = 0.02$
 $T_{R} = 0.04 \times 0.103 = 0.004$
 $T_{\phi} = 16.6 - 61 / 2 = 0.2$ ou $16.6 - 61 / 2 = 0.3$

ESCALA: 1:1	Cilindro com accionamento eléctrico
2000-06-07	FACULDADE DE ENGENHARIA-U.P.

1 - Na figura 1, apresenta-se o desenho de definição parcial de um veio escalonado.

120 1.1 - Qual a dimensão nominal, a tolerância, os desvios e as dimensões limites do comprimento total (L) do veio, resultante dos comprimentos funcionais parciais indicados?

$$L = L_1 + L_2 = 35 + 25 = 60$$

$$L_{\max} = (L_1 + e_A) + (L_2 + e_A) = (35 + 0,1) + (25 + 0,3) = 60 + 0,4 \quad \left. \begin{array}{l} +0,4 \\ 60,4 \end{array} \right\} \begin{array}{l} +0,4 \\ 60,4 \end{array}$$

$$L_{\min} = (L_1 + e_i) + (L_2 + e_i) = (35 - 0,1) + (25 - 0,1) = 60 - 0,2 \quad \left. \begin{array}{l} -0,2 \\ 59,8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} -0,2 \\ 59,8 \end{array}$$

Figura 1

115 1.2 - Execute a transferência de cotas adequada do desenho de definição (figura 1) para o desenho de execução (figura 2), de modo a garantir que da fabricação resulte uma peça que satisfaça as especificações do desenho de definição.

$$L_{\max} - L_{\min} = L_{2\max} \rightarrow (60 + e_A) - (35 - 0,1) = (25 + 0,3) \rightarrow e_A = +0,2 \quad \left. \begin{array}{l} +0,2 \\ 60,0 \end{array} \right\}$$

$$L_{\min} - L_{1\max} = L_{2\min} \rightarrow (60 + e_i) - (35 + 0,1) = (25 - 0,1) \rightarrow e_i = 0$$

115 2 - Qual o significado das especificações inscritas no desenho da figura 3? Qual o valor nominal do ângulo do cone resultante?

$\varnothing 50$ - dimensão de referência do diâmetro da base maior (cota teoricamente exacta)

$1:10$ - valor de referência da cônica (teoricamente exacta) $\rightarrow 2 \tan \frac{\alpha}{2} = 0,1 \rightarrow \alpha = 5^\circ 43' 29,3''$

$\Delta 0,1$ - tolerância de uma forma de uma superfície qualquer;

a superfície cônica deve estar entre duas superfícies cônicas

3 - Qual o significado do símbolo \textcircled{C} representado no desenho da figura 1? Como fazer o controlo da

forma de um veio $\varnothing 15$ H7?

120 3 - Qual o significado do símbolo \textcircled{C} representado no desenho da figura 1? Como fazer o controlo da forma de um veio $\varnothing 15$ H7?
 e deve estar contida numa superfície cilíndrica envolvente, teoricamente exacta, com diâmetro no máximo de 15,012. Contido do diâmetro, com calibre de anel ($\phi_{\max} = 15,012$ e $\phi = 35$) simulando a envolvente e o controlo de diâmetro (controlo local) com calibre de maxilar ($\phi 15,001$).

4 - Na figura 4, estão representadas, parcialmente, duas peças que vão ser acopladas com um ajustamento cilíndrico com folga ($\varnothing 20H7/g8$).

115 4.1 - Quais os valores das tolerâncias de perpendicularidade (i_1 e i_2) que devem ser especificados em cada uma das peças, de modo a garantir, em simultâneo, o seu correcto encaixe, nas faces de referência A?

$$\varnothing 20H7/g8 \quad F_{\min} = F_i - e_A = 0 - (-0,040) = 0,040$$

$$\varnothing 20E8/f7 \quad F_{\min} = F_i + t_2 \quad t_1 = t_2 = 0,040/2 = 0,020$$

$$\varnothing 20E8/f7 \quad e_i = -0,040 \quad t_1 = t_2 = 0,040/2 = 0,020$$

115 4.2 - Qual o significado da inscrição do símbolo \textcircled{M} a seguir aos valores das tolerâncias geométricas de perpendicularidade, existente na figura 5? Quando o veio a controlar tiver um diâmetro com a

dimensão de $\varnothing 19,940$, qual o valor limite admissível para a tolerância de perpendicularidade que

continua a permitir uma montagem correcta das duas peças?

Princípio do máximo de material - Os valores de $\varnothing 0,020$

das tolerâncias de perpendicularidade foram inferiores

à dimensão que o veio a controlar estava no seu máximo de

material ($\varnothing 19,960$ e $\varnothing 20,000$) $T_1' = T_1 + (d_{\max} - d_{\text{ref}}) = 0,020 + (19,960 - 19,940) = 0,020 + 0,020 = 0,040$

Apresente todos os cálculos efectuados. Pode utilizar o verso desta folha

JSA

Os valores das tolerâncias de perpendicularidade podem ser reduzidos

se os diâmetros efectivos não estiverem no seu estado de mínimo de material

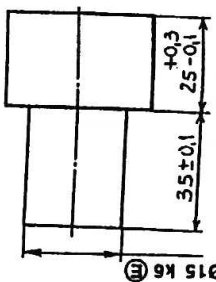


Figura 2

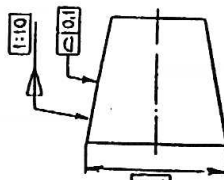


Figura 3

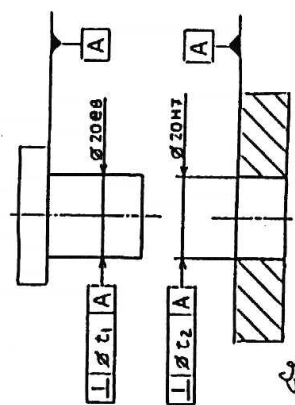


Figura 4

Figura 5

CONCEPÇÃO E FABRICO ASSISTIDOS POR COMPUTADOR

- Breve descrição da disciplina;
- Exemplos de mini-testes realizados.

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E GESTÃO INDUSTRIAL

LIC. EM ENGENHARIA MECÂNICA -----LIC. EM GESTÃO E ENG. INDUSTRIAL

CONCEPÇÃO E FABRICO ASSISTIDOS POR COMPUTADOR

Ano lectivo: 2002/2003 - 3º ano (LEM) / 4º ano (LGEI) - 1º semestre.

Carga horária semanal: Teórico-práticas - 2h; Práticas - 2h.

Unidades de crédito (U.C.): 3,0.

OBJECTIVOS:

Transmitir aos alunos a capacidade de manusear informação geométrica e não geométrica, na área da produção. Implementar programas computadorizados, que permitam o tratamento da informação obtida a partir de utilitários comerciais. Identificar e utilizar as diversas características inerentes aos programas de desenho e máquinas de controlo numérico.

PROGRAMA RESUMIDO:

Programação de Computadores. Introdução à computação gráfica. Sistemas CAD, sua descrição e classificação. Utilização de sistemas de desenho assistido por computador CAD 2D e 3D, desenho paramétrico, modelação tridimensional. Interfaces: desenho-concepção, desenho-análise e desenho-fabrico. Programação manual e automática de máquinas CNC.

Aplicações computadorizadas consideradas:

- *Force, Digital FORTRAN, Microsoft Visual Studio;*
- *Autodesk AutoCAD; Autodesk Mechanical Desktop, Autodesk Inventor, SolidWorks;*
- Pequenas aplicações para CNC disponíveis para *download* na página da disciplina em <http://www.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC/cfac.html>.

Aulas Teórico-práticas 2002/2003:

Nº de aulas previstas: 28.

Planeamento: 1 (apresentação) + 3 (mini-testes) + 2 (preparação/exame) + 22 (disponíveis):

Tema	Nº de aulas
Introdução à Programação	1
Introdução à Programação em <i>FORTRAN</i>	4
Introdução ao <i>AutoCAD</i>	5
Introdução à Programação em <i>AutoLISP</i>	5
Introdução ao <i>SolidWorks</i>	2
Introdução ao <i>CNC</i>	5

Aulas Práticas 2002/2003:

Tema	Nº de aulas
<i>FORTRAN (I)</i> : Introdução ao <i>FORTRAN</i> e ao ambiente <i>FORCE</i> . Implementação de exemplos. <i>FORTRAN (II)</i> : Exemplos de aplicação na leitura de ficheiros. Tratamento de figuras tridimensionais. Exemplo do cálculo da área de figuras.	2

AutoCAD (I): Introdução ao AutoCAD: Opções <i>New, Save, Save as, Exit</i> e designação de coordenadas em CAD. Comandos <i>LINE, CIRCLE, ARC, ELLIPSE, GRID, SNAP, OSNAP, LIMITS, ZOOM, PAN, REDRAW, ERASE, OOPS, REGEN</i> e <i>UNDO</i> . AutoCAD (II): Comandos: <i>LAYER, LINETYPE, COLOR, LTSCALE, MOVE, COPY, FILLET, CHAMFER, BREAK, TRIM, EXTEND, LENGTHEN, OFFSET, MIRROR, SCALE</i> e <i>ROTATION</i> . Realização de exemplos. AutoCAD (III): Comandos <i>ARRAY, STRETCH, LIST, ID, DIST, DIVIDE, MEASURE, POINT, HATCH, TEXT, DTEXT, MTEXT, STYLE</i> e <i>DIM</i> . Análise das variáveis <i>DIM</i> . Comandos <i>PLINE, PEDIT, 3DPOLY, SPLINE, REGION, GROUP</i> e <i>AREA</i> . AutoCAD (IV): Comandos <i>BLOCK, WBLOCK, INSERT, MININSERT, XREF, ELEV, VPOINT, HIDE, 3DFACE</i> (geração de superfícies), <i>UCS</i> e <i>AME</i> (exemplos tridimensionais).	4
AutoLISP(I): Introdução ao <i>Visual LISP</i> . Exemplos de aplicação em <i>AutoLISP</i> . AutoLISP(II): Exemplos de aplicação em <i>AutoLISP</i> .	2
SolidWorks (I): Introdução ao <i>SolidWorks</i> . Conceito de esboço e posterior colocação de cotação e restrições. Desenvolvimento de modelos 3D por <i>Sweep, Loft, Shell</i> , etc. SolidWorks (II): Realização de conjuntos, obtenção de vistas de componentes e de conjuntos. Parametização por ligação ao <i>Microsoft Excel</i> . Obtenção de ficheiros em <i>IGS</i> e <i>DXF</i> .	2
CNC: Aplicações simples CAD/CAM (análise do comando <i>DXFOUT</i> do <i>AutoCAD</i>). Visualização de trajectórias associadas a programas <i>ISO</i> .	2
Avaliação global de utilização do <i>AutoCAD</i> .	1
Apoio aos trabalhos práticos.	1

MÉTODOS DE ENSINO:

Apresentação dos diversos temas nas aulas teórico-práticas com análise de exemplos. São propostos diversos temas para realização de trabalhos práticos. Nas aulas práticas, são apresentadas algumas particularidades e propostos exercícios, a realizar nos computadores, para aplicação dos conceitos e obtenção da avaliação das aulas. As últimas aulas são destinadas a um apoio mais intenso aos trabalhos práticos.

COMPONENTES DE AVALIAÇÃO:

A avaliação é baseada na análise da qualidade do trabalho desenvolvido nas aulas práticas e, fundamentalmente, nos resultados de exercícios de resolução individual, propostos no fim de cada tema integrador abordado nas aulas (três mini-testes: *Programação, AutoLisp, CNC*; avaliação prática de CAD), e na nota de um trabalho prático a realizar individualmente, ou em conjunto com um outro aluno, durante o semestre.

FORMULA DE CÁLCULO DA NOTA FINAL:

A nota final da disciplina resultará da média pesada das classificações obtidas em cada uma das componentes da avaliação, com os seguintes pesos;

- Avaliação das aulas: 75% (35% prova de CAD, 40% mini-testes);
- Trabalho prático: 25%.

TRABALHO PRÁTICO:

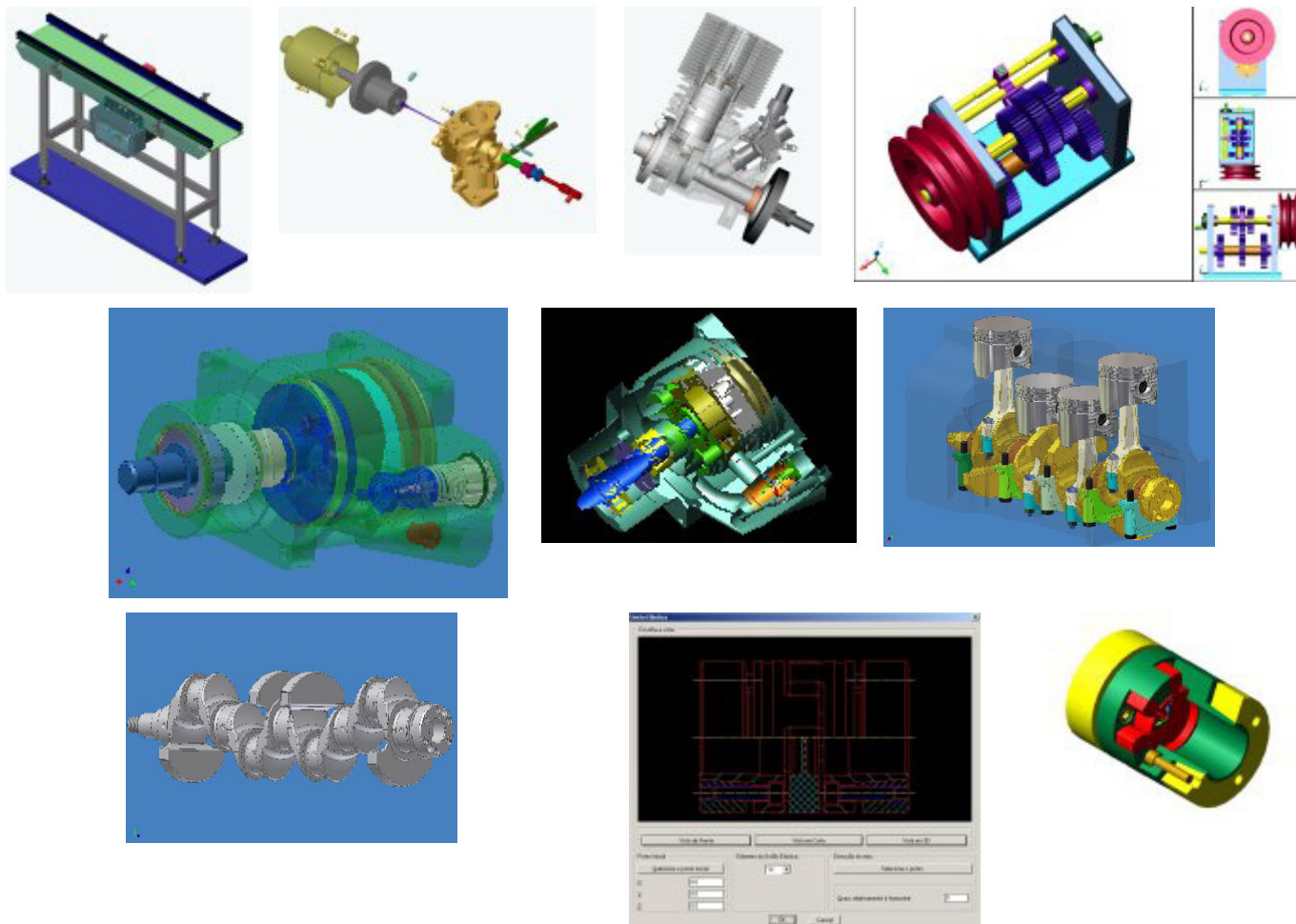
Os trabalhos práticos a realizar durante o semestre deverão ser propostos pelos alunos, até uma data indicada no início do semestre, através da entrega de uma ficha resumo, e são sujeitos à necessária aceitação por parte dos docentes.

É obrigatória a realização de um relatório detalhado sobre o trabalho executado e de uma discussão sobre o mesmo.

Durante a realização dos trabalhos, os alunos são alertados para as mais adequadas soluções para o problema em causa; por exemplo: selecção de componentes normalizados, opção por representações adequadas, cumprimento de normas de cotação e de toleranciamento, verificação das imposições de montagem e de produção, etc.; cumprimento “das boas normas de programação”, ou seja, utilização de

programação estruturada, utilização de nomes adequados para as variáveis, desenho e especificação de forma satisfatória das interfaces com o utilizador ou com outras aplicações, etc.

A seguir podem ser visualizados alguns exemplos de trabalhos práticos realizados pelos alunos no ano lectivo 2002/2003:



Estes e outros exemplos de trabalhos práticos realizados pelos alunos podem ser analisados de forma mais detalhada em (também acessíveis a partir da página web da disciplina):

- Ano lectivo 2002/2003: <http://www.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC/2002-2003/Works/cfac%20trab%2002-03.html>;
- Ano lectivo 2001/2002: <http://www.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC/2001-2002/Works/cfac%20trab%2001-02.html>.

BIBLIOGRAFIA:

Bibliografia principal:

- Apontamentos da disciplina reproduzidos na reprografia da AEFEP;
- Actas das aulas teórico-práticas disponíveis para *download* na página da disciplina em <http://www.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC/cfac.html>;
- Exercícios para as aulas práticas disponíveis para *download* na página da disciplina em <http://www.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC/cfac.html>.

Bibliografia complementar para *Fortran*:

- HEHL, Maximilian Emil - Linguagem de Programação Estruturada FORTRAN77, Brasil, McGRAW HILL, 1986;
- HAMMOND, Robert H.; ROGERS, W. B.; CRITTENDEN, J.B. - Introduction to FORTRAN77 and Personal Computer, USA, McGRAW HILL, 1987;
- FILHO, Jorge da Cunha Pereira; LOIOLA, Caetano Roberto A. - FORTRAN ANSI77 e WATFIV-S, Editora Campos, 1987;
- NYHOFF, Larry; SANFORD, Leestma - FORTRAN77 for Engineers and Scientists, Prentice Hall, 1996.

Bibliografia complementar para *Computação Gráfica*:

- HEARN, Donald; BAKER, M. Pauline - Computer Graphics, USA. Prentice Hall, 1986;
- HARRINGTON, Steven - Computer Graphics. McGraw-Hill, 1987;
- ROGERS, David F. - Procedural Elements For Computer Graphics, McGraw-Hill, 1985;
- PLASTOCK, Roy A.; KALLEY, Gordon - Computação Gráfica, McGraw-Hill, Portugal, 1991;
- AMMERLAAL, Leendert - Programming Principles in Computer Graphics, John Wiley & Sons, 1987;
- Newman, William M.; SPROUL, Robert F. - Principles of Interactive Computer Graphics, McGraw-Hill, 1981;
- FOLEY, J. D.; VAN DAM, A. - Fundamentals of Interactive Computer Graphics, Addison-Wesley Publishing Company, 1982;
- ANGELL, Ian O.; GRIFFITH, Gareth - High Resolution Computer Graphics Using Fortran 77, MacMillan, 1989.

Bibliografia complementar para *CAD*:

- NETO, Pedro Leão - AutoCAD 14, Depressa & Bem, FCA Editora de Informática, 1997;
- NETO, Pedro Leão - Domine a 110% AutoCAD 13, FCA Editora de Informática, 1997;
- GARCIA, José; NETO, Pedro Leão - AutoCAD 2002 Depressa & Bem, FCA Editora de Informática, 2002;
- SANTOS, João - AutoCAD 2000 Guia de Consulta Rápida, FCA Editora de Informática, 2000;
- SANTOS, João - AutoCAD 2000 em 3 Dimensões, FCA Editora de Informática, 2000;
- SILVA, João; FREITAS, Vítor; RIBEIRO, João; MARTINS, Pedro - Mechanical Desktop 4, FCA Editora de Informática, 2000;
- Ferreira, Luís Ferreira; SANTOS, João - Programação em AutoCAD - Curso completo, FCA Editora de Informática, 2002;
- SolidWorks 2001, Teacher Guide e Student Workbook, SolidWorks, 2001.

Bibliografia complementar para *CNC*:

- INTARTAGLIA, R.; Lecoq, P - Guia del Control Numerico de Maquina Herramienta. Paraninfo, Madrid, 1988;
- MASIP, Rafael Ferré - Cómo Programar un Control Numérico. Marcombo, Barcelona, 1988
- KIEF, Hans B.; Waters, T. Frederick - Computer Numerical Control. Glencoe McGraw-Hill, USA, 1992;
- RELVAS, Carlos - Controlo Numérico Computorizado, Conceitos Fundamentais, Publindústria Edições Técnicas, 2000.

Em anexo, apresentam-se exemplos de mini-testes realizados e dois exemplos de desenhos realizados pelos alunos em *AutoCAD 2D*, no âmbito dos seus trabalhos práticos.

Departamento de Eng. Mecânica e Gestão Industrial

Concepção e Fabrico Assistidos por Computador

3º ano da Licenciatura em Eng. Mecânica
4º ano da Licenciatura em Gestão e Eng. Industrial

Mini-teste – FORTRAN 23/10/2002 Duração 45 min SEM CONSULTA

NOME: _____ **Nº** _____ **TURMA:** _____

1) Relativamente à linguagem de programação FORTRAN, indique se as seguintes afirmações são verdadeiras ou falsas (V/F):

- Uma variável com a designação *ixy* é, por defeito, do tipo inteiro.
- Uma função pode não devolver um valor.
- Uma linha de instruções pode começar em qualquer coluna.
- Um * na 1ª coluna indica linha de comentário.
- A instrução DATA é utilizada para inserir a data num programa.
- Os índices dos *arrays* começam sempre em zero.
- A instrução READ apenas pode ser utilizada para leitura a partir do teclado.
- A instrução CALL é utilizada para chamar subrotinas.

2) Considere o seguinte ciclo DO:

10	DO 10 I = 1, 20, 2 WRITE (*, *) i, i*i CONTINUE		
----	---	--	--

- a) Escreva na coluna central o ciclo DO equivalente sem utilizar a instrução CONTINUE.
- b) Escreva na coluna da direita as instruções que permitem substituir o ciclo DO por um ciclo DO WHILE.
- c) Descreva a utilidade do ciclo DO e explique o funcionamento no caso apresentado.

Departamento de Eng. Mecânica e Gestão Industrial

Concepção e Fabrico Assistidos por Computador

3º ano da Licenciatura em Eng. Mecânica
4º ano da Licenciatura em Gestão e Eng. Industrial

Mini-teste – AutoLISP 27/11/2002 Duração 50 min SEM CONSULTA

NOME: _____ **Nº** _____ **Curso:** _____

1) Relativamente à linguagem de programação *AutoLISP*, indique se as seguintes afirmações são verdadeiras ou falsas (V/F):

- Em *AutoLISP* uma linha iniciada com ; (ponto e vírgula) é uma linha de comentário.
- Num ficheiro *.LSP* todas as funções definidas são necessariamente comandos para o *AutoCAD*.
- Em *AutoLISP* é possível realizar-se ciclos de repetição através da instrução *repeat* com saltos diferentes de 1.
- A função (*defun c:teste(a b / c d)...* definida em *AutoLISP* não tem variáveis locais.
- Em *AutoLISP* se uma lista é constituída pelas três coordenadas de um ponto (*x y z*), a aplicação da instrução *cadr* nessa lista devolve a coordenada *y*.
- Por defeito, em *AutoLISP* é possível para cada caso (verdadeiro/falso) de uma estrutura *IF* ter mais do que uma instrução submetida.
- A divisão de *a* por *b* é definida em *AutoLISP* por (*a / b*).
- Em *AutoLISP* um ficheiro exterior pode apenas ser aberto nos modos simples de leitura ou escrita.

2) Descreva a utilidade e o funcionamento da seguinte função em *AutoLISP*:

```
(defun c:ewin (/ ssall)
  (setq p1 (getpoint "\nPrimeiro canto:"))
  (setq p2 (getcorner p1 "\nSegundo canto:"))
  (setq ssall (ssget "W" p1 p2))
  (command "erase" ssall "")
  (command "redraw")
  (setq ssall nil)
  (gc)
)
```


[illegible]

3) Escreva uma função interna em *AutoLISP* que determine (escrevendo-o no ecrã) o máximo de dois números passados como argumentos (variáveis associadas). Apresente um exemplo de utilização da função.

[illegible]

4) Escreva uma função/comando em *AutoLISP* que utilizando 4 pontos ($pt1$, $pt2$, $pt3$ e $pt4$) e um valor de raio a definir pelo utilizador, desenhe na *layer TG* a recta entre os dois primeiros pontos ($pt1$ e $pt2$) e a recta entre os dois outros pontos ($pt3$ e $pt4$), posteriormente determine o ponto de intercepção das duas rectas definidas e finalmente desenhe na *layer tf* um círculo centrado nesse ponto e de raio igual ao especificado.

[illegible]

Departamento de Eng. Mecânica e Gestão Industrial

Concepção e Fabrico Assistidos por Computador

3º ano da Licenciatura em Eng. Mecânica
4º ano da Licenciatura em Gestão e Eng. Industrial

Mini-teste – CNC 11/12/2002 Duração 50 min SEM CONSULTA

NOME: _____ **Nº** _____ **TURMA:** _____

1) Relativamente à programação CNC genérica, indique se as seguintes afirmações são verdadeiras ou falsas (V/F):

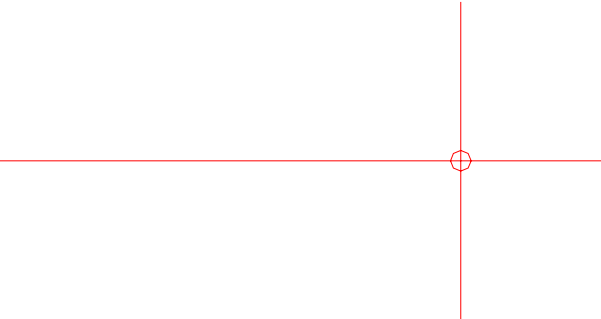
- Os eixos complementares de deslocamento linear são designados em programação de CN pelas letras *U*, *V* e *W*.
- Em programação de CNC apenas é possível definir um arco de circunferência dando as coordenadas do ponto final e o valor do raio.
- Por defeito, o sistema de coordenadas “máquina” é definido pelo programador.
- Normalmente, na programação de controladores de CNC de tornos os valores das coordenadas segundo o eixo *X* correspondem aos raios.
- Em programação de CNC deve-se assumir que as ferramentas estão imóveis e que as peças se movem no sistema de coordenadas.
- Nos programas de CNC é possível introduzir comentários.
- Num mesmo programa CNC podem existir cotas absolutas e cotas relativas.
- Um controlador CNC apenas pode ser programado no modo de cotas cartesianas.

2) Em diversos controladores de CNC existem ciclos fixos de maquinagem; o que são? Indique um exemplo explicando a sua acção.

3) Num programa de CNC, o que entende por correcção automática da ferramenta? Como se realiza e em que condições?

[illegible]

4) Considerando o seguinte programa para um controlador *CNC* de um torno, esboce no plano de interpolação, a trajectória seguida pela ferramenta.

<p>(Posição inicial/final da ferramenta X=60, Z=10)</p> <p>N10 G90 G00 X18. Z0. N20 G01 X0. F.2 N30 G00 Z2. N40 X15. N50 G01 Z-15. N60 X40. Z-35. N70 X50. N90 G00 X60. Z10.</p>	
---	--

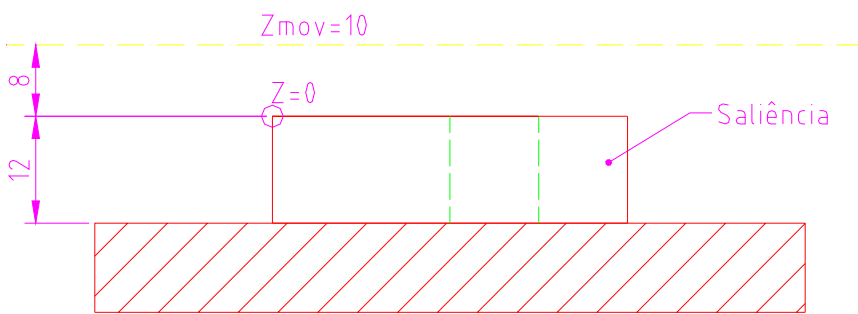
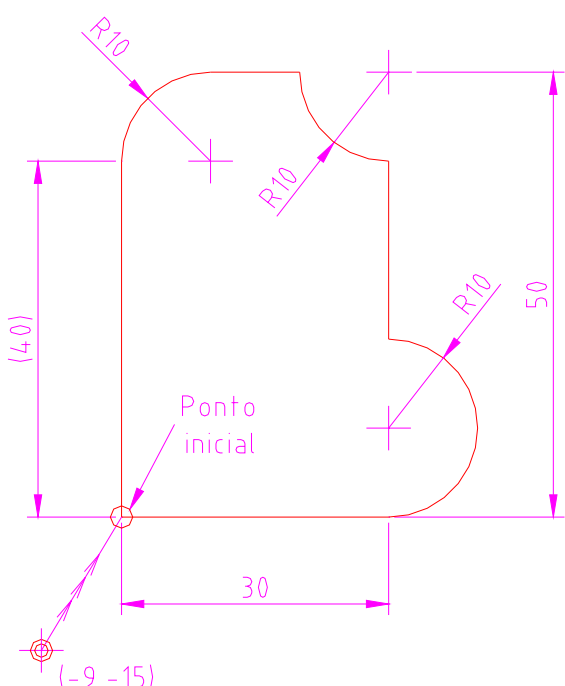
5) Escreva uma subrotina (em coordenadas relativas) em *CNC* para realizar o acabamento, numa máquina fresadora CNC, da saliência apresentada nas figuras seguintes.

Tenha em conta as seguintes considerações: deve utilizar na subrotina apenas coordenadas relativas; a ferramenta terá o seu eixo de rotação paralelo ao eixo Z; a altura livre de qualquer contacto com a peça é $Z_{mov}=8$; o ponto para aproximação ao contorno tem as coordenadas (-9,-15) (representado na figura da esquerda por dois círculo concêntricos); a velocidade de avanço é de 600 mm/min; a velocidade de corte é de 1800 rpm; a trajectória sobre o contorno, inicia-se no zero peça (representado nas figuras por um círculo) e desenvolve-se no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio; a altura da saliência é de 12 mm maquinada numa só passagem.

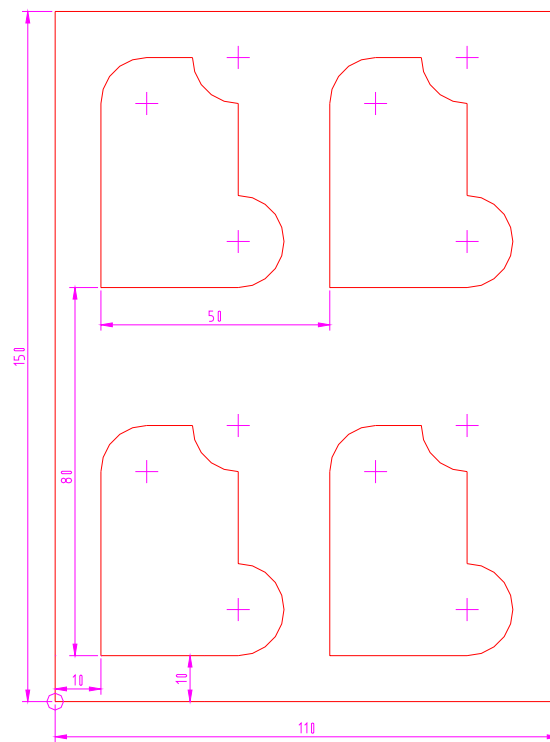
NOME:

 N^o

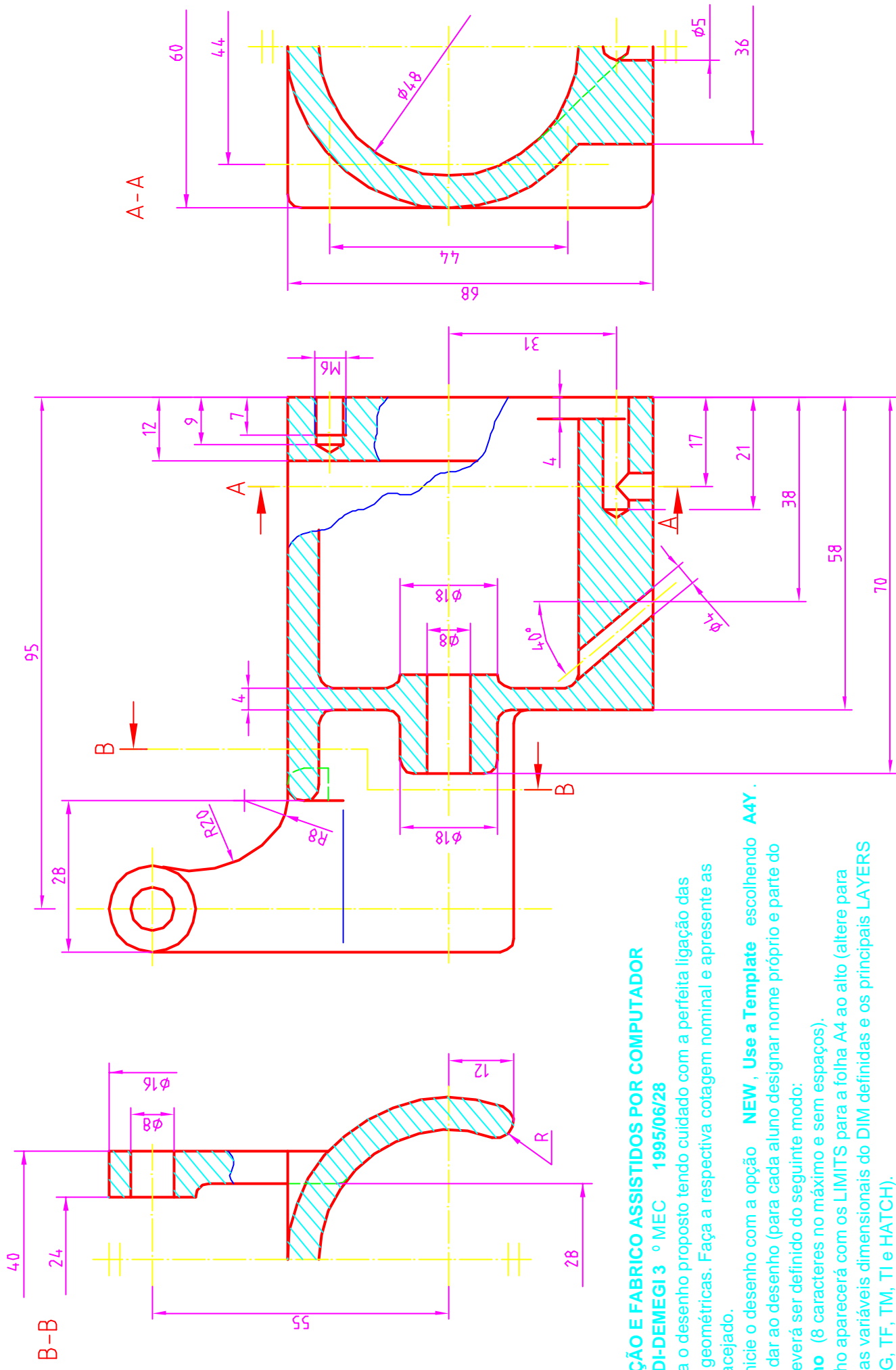
TURMA:

[illegible]

6) Escreva um programa em CNC que utilizando a subrotina desenvolvida no ponto anterior realize o acabamento numa máquina fresadora da peça apresentada na figura seguinte.

[illegible]

Cotações (%): 1 – 10; 2 – 12.5; 3 – 12.5; 4 – 15; 5 – 30; 6 – 20.



CONCEPÇÃO E FABRICO ASSISTIDOS POR COMPUTADOR

Teste SDI-DEMEGI 3 ° MEC 1995/06/28

Reproduza o desenho proposto tendo cuidado com a perfeita ligação das entidades geométricas. Faça a respectiva cotação nominal e apresente as áreas a tracejado.

OBS.: - Inicie o desenho com a opção **NEW**, Use a **Template** escolhendo **A4Y**.

O nome a dar ao desenho (para cada aluno designar nome próprio e parte do apelido) deverá ser definido do seguinte modo:

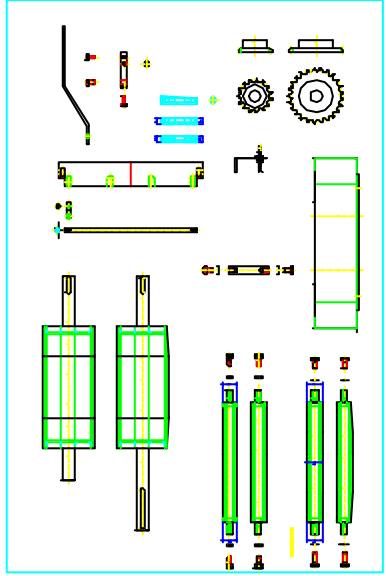
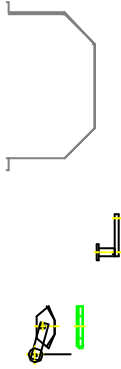
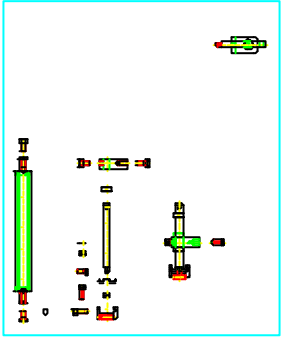
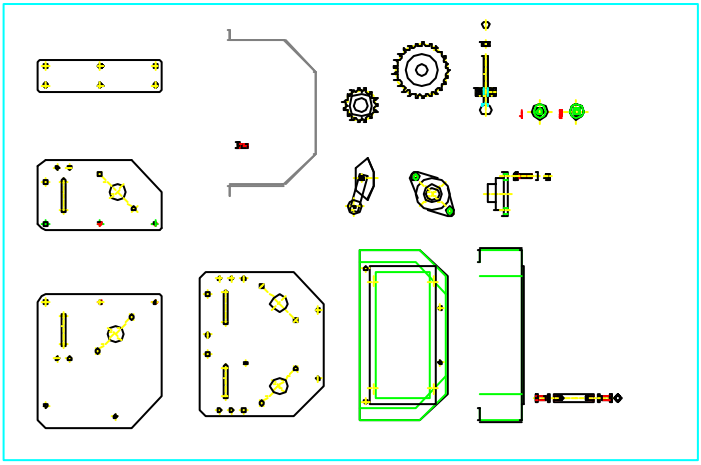
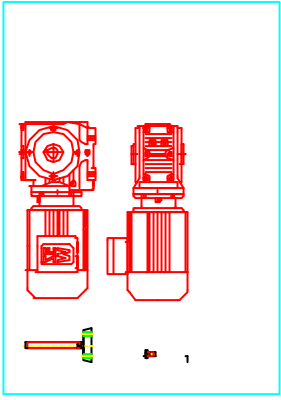
nomealuno (8 caracteres no máximo e sem espaços).

- O desenho aparecerá com os LIMITS para a folha A4 ao alto (altere para 297,210), as variáveis dimensionais do DIM definidas e os principais LAYERS criados (TG, TF, TM, TI e HATCH).

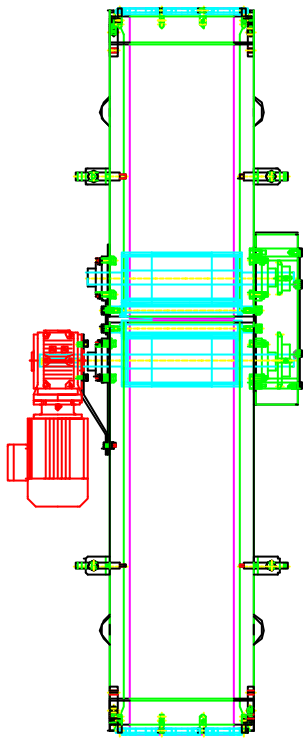
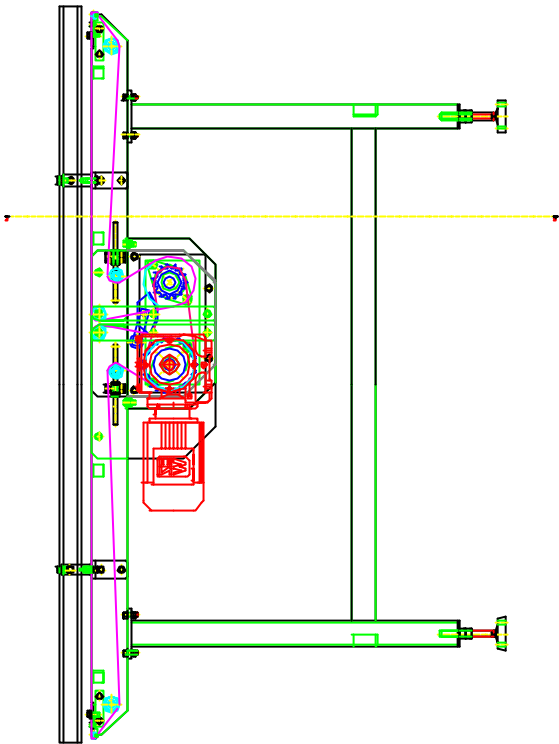
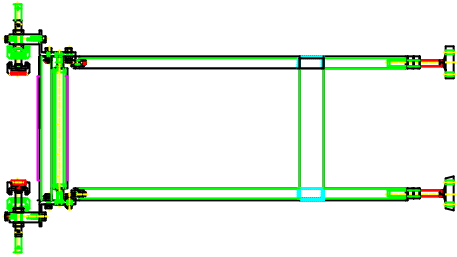
- Faça uma correcta distribuição das entidades pelos LAYERS e crie mais se necessário.

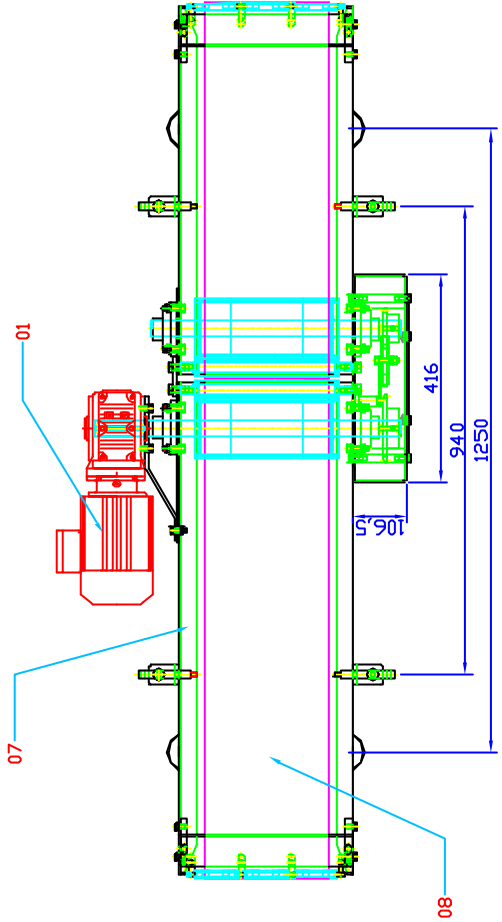
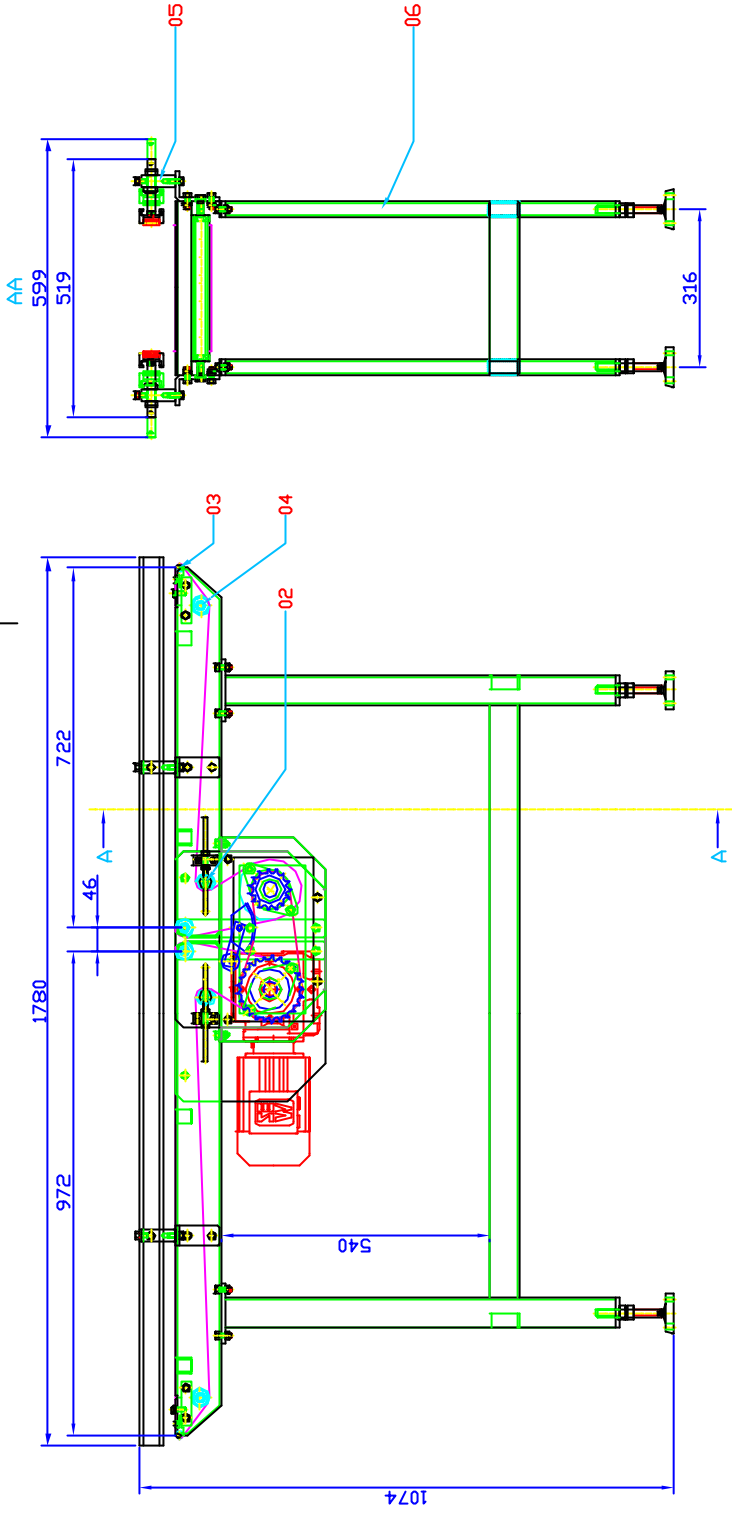
- Com o comando **TEXT**, introduza o seu **nome completo** no DESENHO, para uma correcta identificação.

Raios não cotados : R2,5



⊙





2	Tela de Transporte	Poliuretano	08	
2	Corpo Principal	Aisi 304	07	
4	Perna de Apoio	Aisi 304	06	
2	Gulas de Varandim	Aisi 304/PEMD	05	
2	Rolo de Desvio	Aisi 304	04	
2	Conjunto Retorno	Aisi 304	03	
2	Conjunto Esticamento	Aisi 304	02	
1	Conjunto Accionamento	Aisi 304	01	
Nº	Designação	Norma	Material	Ref. de Produto Semi-acabado
				Observações

Observações:

Copiado
Desenhado
Projectado
Verificado

03-01-01

André Almeida
José Silva

Desenho Conjunto
Transportador-Tela

Nº 0001.00

Imprimir

1:10

Escala

Substituído por

Código

CORPO PRINCIPAL DA MÁQUINA

